

DIKTAT PRAKTIKUM

**METODOLOGI PENELITIAN & RANCANGAN
PERCOBAAN**



OLEH :

Rudy Hartanto, S.Pt. MP

**FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2007**

UPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft:	B45/K1/PP/K1
Tgl.	2-2-2009

KATA PENGANTAR

Buku diktat praktikum ini disusun untuk menunjang kegiatan perkuliahan Metodologi Penelitian dan Rancangan Percobaan pada Program Studi Produksi Ternak. Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib yang diambil ketika mahasiswa Program Studi Produksi Ternak masuk pada semester lima.

Praktikum Metodologi Penelitian dan Rancangan Percobaan dimulai pada minggu keempat kuliah, karena menunggu kuliah teori yang sedang berjalan. Diktat ini dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian Metodologi Penelitian dan bagian Rancangan Percobaan. Bagian metodologi penelitian berisi tentang petunjuk penulisan usulan penelitian. Bagian rancangan percobaan berisi tujuh seri laboratorium dari rancangan acak lengkap sampai analisis peragam. Diktat ini dilengkapi dengan teori, contoh soal dan tugas. Dengan adanya diktat praktikum ini diharapkan mahasiswa lebih menguasai aspek praktis dari Metodologi Penelitian dan Rancangan Percobaan.

Semoga diktat ini bermanfaat bagi mahasiswa Program Studi Produksi Ternak secara khusus, dan secara umum bagi yang membaca diktat. Amien.

Semarang, September 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ii
METODOLOGI PENELITIAN	
Bab 1. Pendahuluan	1
Bab 2. Pedoman Umum Pentusunan usulan Penelitian	2
RANCANGAN PERCOBAAN	
Laboratorium 1. Rancangan Acak Lengkap	7
Laboratorium 2. Rancangan Acak Kelompok	14
Laboratorium 3. Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)	18
Laboratorium 4. Pengujian Hipotesis (PH) dan Pembandingan Nilai Tengah (PNT)	22
Laboratorium 5. Rancangan Faktorial	28
Laboratorium 6. Rancangan Petak terbagi	34
Laboratorium 7. Analisis Varian Bantu (Peragam)	40
Tabel Statistik	48

METODOLOGI PENELITIAN

BAB I

PENDAHULUAN

Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar derajat kesarjanaan strata satu (S1) pada Fakultas Peternakan, seorang mahasiswa harus menyusun suatu karya tulis ilmiah yang berupa skripsi. Skripsi tersebut merupakan laporan hasil penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa. Oleh karena itu, sebelum melaksanakan penelitian untuk penyusunan skripsi, mahasiswa harus membuat suatu usulan penelitian (UP).

Usulan penelitian antara lain berisi: latar belakang, kerangka berpikir, dan metode yang akan digunakan dalam melakukan penelitian. Dalam prakteknya, penulisan tersebut harus mengikuti kaidah-kaidah ilmiah yang baku. Oleh karena itu, mahasiswa perlu dibekali dengan pedoman atau panduan yang bersifat operasional.

Petunjuk penulisan usulan penelitian ini disusun sebagai panduan dalam penyusunan usulan penelitian yang merupakan materi praktikum pada mata kuliah Metodologi Penelitian – Rancangan Percobaan. Semoga petunjuk penulisan ini dapat memperjelas dan memecahkan permasalahan yang dihadapi mahasiswa dalam menyiapkan dan menyelesaikan karya ilmiahnya.

BAB II

PEDOMAN UMUM PENYUSUNAN USULAN PENELITIAN

Usulan penelitian (UP) untuk penulisan skripsi terdiri dari: bagian awal, bagian utama atau inti, dan bagian akhir. Keseluruhan jumlah halaman sebuah usulan penelitian hendaknya tidak lebih dari 20 halaman.

2.1. Bagian Awal Usulan Penelitian

Bagian awal UP antara lain berisi lembar atau halaman judul, lembar pengesahan dan registrasi. Penjelasan mengenai masing-masing komponen UP, terdapat pada uraian selanjutnya.

2.1.1. Lembar Judul Usulan Penelitian

Lembar judul usulan penelitian memuat:

1. Judul penelitian,
2. Maksud penelitian: "Usulan Penelitian untuk Menyusun Skripsi Sarjana Peternakan".
3. Nama mahasiswa,
4. Logo UNDIP dan nama institusi, yaitu Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro Semarang, serta
5. Tahun pembuatan UP.

Judul penelitian dibuat ringkas namun jelas dan seyogyanya tidak lebih dari 20 kata. Warna sampul usulan penelitian untuk masing-masing program studi adalah sebagai berikut:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Program Studi (S1) Produksi Ternak | : coklat muda |
| 2. Program Studi (S1) Nutrisi dan Makanan Ternak | : kuning kunyit |
| 3. Program Studi (S1) Teknologi Hasil Ternak | : biru muda |

4. Program Studi (S1) Sosial Ekonomi Peternakan : merah hati

Usulan penelitian dijilid lakban biasa tanpa mika.

2.1.2. Lembar Registrasi dan Pengesahan

Lembar pengesahan dan registrasi memuat:

1. Judul penelitian,
2. Nama dan nomor induk mahasiswa (NIM), dan untuk S1 (Reguler) persetujuan dari:
Dosen Wali, Ketua Program Studi, Pembimbing Utama, dan Pembimbing Anggota
Untuk S1 (Ekstensi) persetujuan dari:
Dosen Wali, Ketua Program Studi Ekstensi, Pembimbing Utama dan Pembimbing Anggota.

2.2. Bagian Utama

Bagian utama usulan penelitian berisi:

1. Judul penelitian,
2. Latar belakang dilakukannya penelitian,
3. Tujuan dan manfaat penelitian,
4. Hipotesis,
5. Tinjauan pustaka,
6. Metodologi atau Metode Penelitian,
7. Rencana anggaran biaya penelitian dan
8. Jadwal kegiatan penelitian.

Penulisan masing-masing bagian tersebut tidak berdiri sendiri sebagai bab-bab dengan halaman baru, namun ditulis bersambung terus, satu sama lain hanya dipisahkan oleh garis lurus horisontal.

2.2.1. Judul Penelitian

Judul penelitian ditulis dengan singkat dan jelas, tidak lebih dari 20 kata dan tanpa menggunakan kependekan atau singkatan-singkatan. Judul harus menggambarkan esensi penelitian yang akan dilaksanakan.

2.2.2. Latar Belakang

Latar belakang sebuah UP memuat uraian mengenai permasalahan yang menjadi alasan mengapa peneliti terdorong untuk melakukan penelitian, memberikan justifikasi mengapa penelitian itu penting dan perlu dilakukan. Di dalam latar belakang ini juga perlu diuraikan mengenai keaslian ide penelitian dengan mengacu atau membandingkan dengan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti lain.

2.2.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian yang dijabarkan di dalam UP meliputi, antara lain untuk memperoleh pengetahuan empiris yang dapat dimanfaatkan untuk menjawab permasalahan yang diajukan dalam latar belakang. Di samping itu juga perlu diuraikan mengenai alasan-alasan yang mantap dan dapat mendukung keterangan empiris yang diharapkan tersebut.

2.2.4. Hipotesis

Hipotesis adalah suatu pernyataan singkat yang merupakan jawaban sementara terhadap masalah yang dikemukakan dan masih harus dibuktikan kebenarannya.

2.2.5. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka, antara lain mencakup: hasil-hasil penelitian dari para peneliti terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan/diusulkan. Dapat pula diberikan uraian mengenai beberapa teori pendukung

yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah penelitian dan perumusan hipotesis. Dalam tinjauan pustaka sumber asli dari fakta yang ditelaah, harus disebutkan dengan mencantumkan nama penulis dan tahun penerbitannya.

2.2.6. Metodologi

Metodologi di dalam UP menguraikan cara yang akan ditempuh dalam melakukan penelitian. Di dalam bagian ini diuraikan:

1. Kerangka pemikiran.
2. Rumusan hipotesis.
3. Lokasi dan waktu penelitian.
4. Bahan dan alat.
5. Cara penelitian, rancangan percobaan, pengumpulan data dan
6. Analisis data.

2.2.7. Rencana Anggaran Biaya Penelitian

Bagian ini menguraikan rincian dan jumlah biaya yang diperlukan untuk melakukan penelitian. Apabila penelitian yang sedang direncanakan disponsori oleh sebuah penyandang dana, maka perlu disebutkan besarnya kontribusi sponsor tersebut dan berapa kekurangannya jika dihitung dari seluruh biaya yang dianggarkan.

2.2.8. Jadwal Kegiatan Penelitian

Bagian ini berisi penjabaran urutan pelaksanaan penelitian dalam bentuk jadwal waktu, mulai dari persiapan, pemberian perlakuan, pengumpulan data, analisis data dan penulisan/ penyusunan skripsi.

2.3. Bagian Akhir

Bagian akhir dari sebuah usulan penelitian terdiri dari daftar pustaka dan lampiran (jika ada).

2.3.1. Daftar Pustaka

Daftar pustaka di dalam UP berisi semua pustaka yang dipergunakan sebagai acuan dalam penulisan usulan penelitian tersebut.

2.3.2. Lampiran

Beberapa hal yang dapat dilampirkan di dalam UP antara lain keterangan-keterangan yang sifatnya melengkapi usulan penelitian, seperti: peta, kuesioner untuk penelitian survei, metode pembuatan reagen untuk analisis kimia dan lain sebagainya.

RANCANGAN PERCOBAAN

LABORATORIUM: 1

RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL)

Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti Laboratorium 1 ini mahasiswa dapat menghitung Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama dan ulangan tidak sama.

Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Laboratorium 1 mahasiswa dapat:

1. Menjelaskan perbedaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama dan ulangan tidak sama.
2. Menuliskan sumber keragaman dan derajat bebas sumber keragaman dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.
3. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK), Kuadrat Tengah (KT) dan F Hitung dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.
4. Membandingkan F Hitung dan F Tabel, menarik kesimpulan dan menghitung "Coefisien Variance" (CV) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.
5. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK), Kuadrat Tengah (KT) dan F Hitung dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan tidak sama.
6. Membandingkan F Hitung dan F Tabel, menarik kesimpulan dan menghitung "Coefisien Variance" (CV) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan tidak sama.

Uraian dan Contoh

RAL monofaktor mempunyai dua sumber keragaman yang timbul dari hasil pengamatan percobaan. Keragaman tersebut disebabkan oleh perlakuan dan galat percobaan. Kedua sumber keragaman tersebut tidak selalu tetap, dan digunakan sebagai petunjuk apakah pengaruh perlakuan nyata atau tidak

nyata. Pengaruh perlakuan disebut nyata apabila keragaman yang timbul lebih besar dari galat percobaan.

Keuntungan dari percobaan RAL adalah perhitungannya sederhana. RAL dapat diterapkan pada percobaan dengan ulangan pengamatan sama dan tidak sama.

RAL dengan Ulangan Sama

Langkah-langkah analisis varian di bawah ini didasarkan pada hasil percobaan penggunaan insektisida Planthopper terhadap hasil hijauan segar rumput setaria defoliiasi pertama.

LANGKAH 1. Kelompokkan data dari semua perlakuan dan hitunglah jumlah masing-masing perlakuan, total perlakuan, dan nilai tengah/rataan perlakuan seperti di bawah ini :

PERLAKUAN	PRODUKSI HIJAUAN (Kg)				TOTAL	RATAAN
Dol-Mix (1kg)	2537	2069	2104	1797	8507	2127
Dol-Mix (2kg)	3366	2591	2211	2544	10712	2678
DDT+y-BHC	2536	2459	2827	2385	10207	2552
Azodrin	2387	2453	1556	2166	8512	2128
Dimecron-Boom	1997	1679	1649	1859	7184	1796
Dimecron-Knap	1796	1704	1904	1320	6724	1681
Kontrol	1401	1516	1270	1077	5264	1316
TOTAL (G)					57110	
RATAAN						2040

LANGKAH 2. Menentukan nilai derajat bebas (db), Faktor Koreksi (FK), Jumlah Kuadrat Total = JK (X), JK Perlakuan = JK (T), dan JK Galat = JK (G). Gunakan X_i = hasil hijauan setaria pada petak ke-i, T_i = hasil hijauan dengan perlakuan ke-i, n = jumlah satuan percobaan (rt), t = jumlah perlakuan, dan r = jumlah ulangan

$$db \text{ total} = (rt) - 1 = (4 \times 7) - 1 = 27$$

$$db \text{ perlakuan} = (t - 1) = (7 - 1) = 6$$

$$db \text{ galat} = t(r - 1) = 7(4 - 1) = 21$$

$$db \text{ galat} = db \text{ total} - db \text{ perlakuan} = 27 - 6 = 21$$

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{(57.110)^2}{4 \times 7} = 116.484.004$$

$$\begin{aligned}
 JK(X) &= \sum Xi^2 - FK \\
 &= \{(2.537)^2 + (2.069)^2 + \dots + (1.077)^2\} - 116.484.004 \\
 &= 7.577.412
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK(T) &= \frac{\sum Ti^2}{r^2} - FK \\
 &= \frac{(8.507)^2 + (10.712)^2 + \dots + (5.264)^2}{4^2} - 116.484.004 \\
 &= 5.587.174
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK(G) &= JK(X) - JK(T) \\
 &= JK(Total) - JK(Perlakuan) \\
 &= 7.577.412 - 5.587.174 = 1.990.238
 \end{aligned}$$

LANGKAH 3. Menghitung kuadrat tengah (KT) untuk masing-masing sumber keragaman dengan cara membagi JK yang bersangkutan dengan db-nya

$$KT \text{ Perlakuan} = \frac{JK(T)}{t-1} = \frac{5.587.174}{7-1} = 931.196$$

$$KT \text{ Galat} = \frac{JK(G)}{t(r-1)} = \frac{1.990.238}{7(4-1)} = 94.773$$

LANGKAH 4. Menghitung nilai F untuk uji signifikansi dari perlakuan, dan mencari nilai F tabel dari daftar F (tabel) dengan $f_1 = db \text{ perlakuan} = (t-1)$ dan $f_2 = db \text{ galat} = t(r-1)$.

$$F \text{ hit} = \frac{KT(Perlakuan)}{KT(Galat)} = \frac{931.196}{94.773} = 9,83$$

Dari F (Tabel) dengan $f_1 = 6$ dan $f_2 = 21$, akan bernilai 2,57 (5%) dan 3,81 (1%).

LANGKAH 5. Masukkan semua perhitungan dari langkah 2 - 4 dalam tabel analisis varian berikut ini :

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F.hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	6	5.587.174	931.196	9,83**	2,57	3,81
Galat	21	1.990.238	94.773			
Total	27	7.577.412				

CV = Koefisien Keragaman = 15.1%

** = Signifikasi taraf 1%

LANGKAH 6. Membandingkan nilai F hitung dengan F tabel untuk menentukan adanya signifikansi perlakuan, dengan aturan sebagai berikut:

- Bila F hitung > F tabel, maka pengaruh perlakuan dikatakan sangat nyata (1%) dengan memberi tanda dua bintang (**). Dikatakan nyata (5%) bila F hitung > F tabel, tetapi lebih kecil dari tingkat signifikansi 1%, ditandai dengan satu bintang (*).
- Bila F hitung < F tabel pada tingkat signifikansi 5%, maka dikatakan pengaruh perlakuan tidak nyata. Hasilnya ditandai dengan memberi tanda (^{ns}) pada nilai F analisis varians.

!!! Catatan:

Non signifikansi dari hasil uji F menunjukkan adanya kelemahan percobaan itu sendiri. Percobaan yang tidak benar menyebabkan tidak adanya pengaruh perlakuan sehingga menyebabkan hasil uji F non signifikan atau galat percobaan terlalu besar.

Jadi bila uji F ^{ns} pengamatan akan menguji galat percobaan dan nilai tengah perlakuan. Bila nilai keduanya besar, suatu percobaan diulang dan berusaha memperkecil galat perlakuan dengan kontrol. Bila nilai keduanya kecil, maka pengaruh perlakuan kemungkinan juga kecil dan menjadi tidak ekonomis sehingga penambahan percobaan tidak perlu lagi.

Nilai F hitung = 9,83 (**), maknanya bahwa paling tidak ada satu perlakuan yang berbeda diantara 7 perlakuan di atas dengan kesalahan pendugaan < 1%. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan maka perlu dilanjutkan uji beda nilai tengah.

LANGKAH 7. Menghitung Koefisien Keragaman (CV = Coefisien Variance).

$$\text{Rataan Total} = \frac{G}{n} = \frac{57,110}{(4)(7)} = 2.040$$

$$CV = \frac{\sqrt{KT \text{ Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% = \frac{\sqrt{94.773}}{2.040} \times 100\% = 15,1\%$$

!!! Catatan:

CV menunjukkan ukuran ketelitian, pedoman keabsahan percobaan, menerangkan tentang galat hasil percobaan sebagai persentase dari rataian total perlakuan dan biasanya ditempatkan di bawah tabel analisis varian.

RAL dengan ulangan tidak sama

Data seperti di atas, tapi data produksi hijauan pada perlakuan Dimecron-Knap dan kontrol ulangan ke-4 (terakhir) hilang.

LANGKAH 1. Kelompokkan data dari semua perlakuan dan hitunglah jumlah masing-masing perlakuan, total perlakuan, dan nilai tengah/rataan perlakuan seperti di bawah ini:

PERLAKUAN	PRODUKSI HIJAUAN (Kg)				TOTAL	RATAAN
Dol-Mix (1kg)	2537	2069	2104	1797	8507	2127
Dol-Mix (2kg)	3366	2591	2211	2544	10712	2678
DDT+y-BHC	2536	2459	2827	2385	10207	2552
Azodrin	2387	2453	1556	2166	8512	2128
Dimecron-Boom	1997	1679	1649	1859	7184	1796
Dimecron-Knap	1796	1704	1904	hilang	5404	1801
Kontrol	1401	1516	1270	hilang	4187	1396
TOTAL (G)					54713	
RATAAN						2104

LANGKAH 2. Menentukan nilai derajat bebas (db), Faktor Koreksi (FK), Jumlah Kuadrat Total = JK (X), JK Perlakuan = JK (T), dan JK Galat = JK (G). Gunakan Xi = hasil hijauan setaria pada petak ke-i, Ti = hasil hijauan dengan perlakuan ke-i, n = jumlah satuan percobaan (rt), t = jumlah perlakuan, dan r = jumlah ulangan

$$db \text{ total} = (rt) - 1 - 2 = (4 \times 7) - 1 - 2 = 25$$

$$db \text{ perlakuan} = (t - 1) = (7 - 1) = 6$$

$$db \text{ galat} = t(r - 1) - 2 = 7(4 - 1) - 2 = 19$$

db galat dapat dihitung dengan cara: db total - db perlakuannya = 25 - 6 = 19

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{(54.713)^2}{(4 \times 7) - 2} = 115.135.091$$

$$\begin{aligned} JK(X) &= \sum Xi^2 - FK \\ &= \{(2.537)^2 + (2.069)^2 + \dots + (1.859)^2\} - 115.135.091 \\ &= 6.023.996 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(T) &= \frac{\sum Ti^2}{r^2} - FK \\ &= \frac{(8.507)^2}{4} + \frac{(10.712)^2}{4} + \frac{(10.207)^2}{4} + \frac{(8.512)^2}{4} + \frac{(7.184)^2}{4} + \frac{(5.404)^2}{3} + \frac{(4.187)^2}{3} - FK \\ &= 4.283.681 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(G) &= JK(Xi) - JK(T) \\ &= JK(Total) - JK(Perlakuan) \\ &= 6.023.996 - 4.283.681 = 1.740.315 \end{aligned}$$

LANGKAH 3. Menghitung kuadrat tengah (KT) untuk masing-masing sumber keragaman dengan cara membagi JK yang bersangkutan dengan db-nya

$$KT \text{ Perlakuan} = \frac{JK(T)}{db(T)} = \frac{4.283.681}{6} = 713.947$$

$$KT \text{ Galat} = \frac{JK(G)}{db(G)} = \frac{1.740.315}{19} = 91.596$$

LANGKAH 4. Menghitung nilai F untuk uji signifikansi dari perlakuan, dan mencari nilai F tabel dari daftar F (tabel) dengan f1 = db perlakuan dan f2 = db galat.

$$F_{hit} = \frac{KT(Perlakuan)}{KT(Galat)} = \frac{713.947}{91.596} = 7,79$$

Dari F (Tabel) dengan f1 = 6 dan f2 = 19, akan bernilai 2,63 (5%) dan 3,94 (1%)

LANGKAH 5. Masukkan semua perhitungan dari langkah 2 - 4 dalam tabel analisis varian berikut ini

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F.hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	6	4.283.681	713.947	7,79**	2,63	3,94
Galat	19	1.740.315	91.596			
Total	25	6.023.996				

CV = Koefisien Keragaman = 14,4%

** = Signifikasi taraf 1%

LANGKAH 6. Menghitung Koefisien Keragaman (CV = Coefisien Variance).

$$\text{Rataan Total} = \frac{G}{n} = \frac{54.713}{26} = 2.104$$

$$CV = \frac{\sqrt{KT \text{ Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% = \frac{\sqrt{91.596}}{2.104} \times 100\% = 14,4\%$$

TUGAS LABORATORIUM 1

Dari suatu penelitian, peneliti ingin mengkaji kualitas campuran jerami padi - *Azolla microphylla* teramoniasi berdasarkan pencernaan bahan keringnya dalam rumen secara *In vitro*. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data sebagai berikut:

Ulangan	Perlakuan			
	T0	T1	T2	T3
	(0% azolla)	(25% azolla)	(50% azolla)	(75% azolla)
1	40,00	33,30	29,75	25,21
2	44,00	31,02	32,00	24,41
3	40,00	33,26	31,63	24,21
4	41,00	32,81	31,15	23,23

- Buatlah model liniernya!
- Buatlah hipotesis statistiknya!
- Hitung ANOVA dan CV!
- Tulis kesimpulannya!

LABORATORIUM: 2

RANCANGAN ACAK KELOMPOK (RAK)

Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti Laboratorium 2 ini mahasiswa dapat menghitung Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK).

Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Laboratorium 2 mahasiswa dapat:

1. Menuliskan sumber keragaman dan derajat bebas sumber keragaman dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK).
2. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK), Kuadrat Tengah (KT) dan F Hitung dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK).
3. Membandingkan F Hitung dan F Tabel serta menarik kesimpulan untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK).

Uraian dan Contoh

RAK mempunyai tiga sumber keragaman yang timbul dari hasil pengamatan percobaan. Keragaman disebabkan oleh perlakuan, kelompok (blok), dan galat percobaan. Salah satu kelebihan RAK dibandingkan dengan RAL adalah adanya penambahan sumber keragaman kelompok (blok).

Sebagai ilustrasi digunakan hasil pengamatan penggunaan 6 macam ransum terhadap bobot akhir kelinci dengan 4 kelompok (blok).

LANGKAH 1. Kelompokkan data dari semua perlakuan dan hitunglah jumlah masing-masing perlakuan, total perlakuan, dan nilai tengah/rataan perlakuan seperti di bawah ini:

PERLAKUAN (RANSUM)	BOBOT KELINCI (Kg/Ekor)				TOTAL	RAT- AAN
	I	II	III	IV		
A	5.113	5.398	5.307	4.678	20.496	5.124
B	5.346	5.952	4.719	4.264	20.281	5.070
C	5.272	5.713	5.483	4.749	21.217	5.304
D	5.164	4.831	4.986	4.410	19.391	4.848
E	4.804	4.848	4.432	4.748	18.832	4.708
F	5.254	4.542	4.919	4.098	18.813	4.708
TOTAL (R)	30.953	31.284	29.846	26.947		
TOTAL (G)					119.813	
RATAAN						4.960

LANGKAH 2. Menentukan nilai derajat bebas (db), Faktor Koreksi (FK), Jumlah Kuadrat Total = JK (X), JK Perlakuan = JK (T), JK Kelompok = JK (R), dan JK Galat = JK (G).

$$db \text{ total} = (rt) - 1 = (4 \times 6) - 1 = 23$$

$$db \text{ perlakuan} = (t - 1) = (6 - 1) = 5$$

$$db \text{ kelompok} = (r - 1) = (4 - 1) = 3$$

$$db \text{ galat} = (r - 1)(t - 1) = (3)(5) = 15$$

$$db \text{ galat dihitung dengan cara: } db \text{ total} - db \text{ perlakuan} - db \text{ kelompok} = 23 - 5 - 3 = 15$$

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{(119.030)^2}{(4)(6)} = 590.339.204$$

$$JK (X) = \sum X_i^2 - FK$$

$$= (5.113)^2 + (5.398)^2 + \dots + (4.098)^2 - 590.339.204$$

$$= 4.801.068$$

$$JK (R) = \frac{\sum R_j^2}{t} - FK$$

$$= \frac{(30.953)^2 + \dots + (26.947)^2}{6} - 590.339.204$$

$$= 1.944.361$$

$$JK (T) = \frac{\sum T_i^2}{r} - FK$$

$$= \frac{(20.496)^2 + \dots + (18.813)^2}{4} - 590.339.204$$

$$= 1.198.331$$

$$JK (G) = JK (X) - JK (T) - JK (R)$$

$$= 4.801.068 - 1.198.331 - 1.944.361 = 1.658.376$$

LANGKAH 3. Menghitung kuadrat tengah (KT) untuk masing-masing sumber keragaman dengan cara membagi JK yang bersangkutan dengan db-nya

$$KT (\text{Kelompok}) = \frac{JK (R)}{r - 1} = \frac{1.944.361}{4 - 1} = 648.120$$

$$KT \text{ Perlakuan} = \frac{JK (T)}{t - 1} = \frac{1.198.331}{6 - 1} = 239.666$$

$$KT \text{ Galat} = \frac{JK (G)}{(r-1)(t-1)} = \frac{1.658.376}{(3)(5)} = 110.558$$

LANGKAH 4. Menghitung nilai F untuk uji signifikansi dari perlakuan, dan mencari nilai F tabel dari daftar F (tabel) dengan $f_1 = db$ perlakuan = (t-1) dan $f_2 = db$ galat = (r-1)(t-1).

$$F_{hit} = \frac{KT (Perlakuan)}{KT (Galat)} = \frac{239.666}{110.558} = 2,17$$

Dari F (Tabel) dengan $f_1 = 5$ dan $f_2 = 15$, akan bernilai 2,90 (5%) dan 4,56 (1%)

LANGKAH 5. Masukkan semua perhitungan dari langkah 2 - 4 dalam tabel Analisis Varians berikut ini:

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F.hit	F.tabel	
					5%	1%
Kelompok	3	1.944.361	648.120	2,17 ^{ns}	2,90	4,56
Perlakuan	5	1.198.331	239.666			
Galat	15	1.658.376	110.558			
Total	23	4.801.068				

CV = Koefisien Keragaman = 6,7 %

^{ns} = Non Signifikasi taraf 5%

LANGKAH 6. Menghitung Koefisien Keragaman (CV = Coefisien Variance).

$$CV = \frac{\sqrt{KT \text{ Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% = \frac{\sqrt{110.558}}{4.960} \times 100\% = 6,7\%$$

TUGAS LABORATORIUM 2

Dari suatu penelitian, peneliti ingin mengetahui pengaruh substitusi dedak halus dalam ransum komersial terhadap efisiensi penggunaan protein ransum ayam F1 hasil persilangan petelur ras dan pejantan kampung. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data sebagai berikut :

Kelompok	Substitusi Dedak dalam Ransum Komersial (%)			
	T0 (0%)	T1 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)
1	10.25	9.18	7.79	6.45
2	9.70	9.22	7.74	6.33
3	10.18	9.26	7.89	6.41

- Buatlah model liniernya!
- Buatlah hipotesis statistiknya!
- Hitung ANOVA dan CV !
- Tulis kesimpulannya !

LABORATORIUM: 3
RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN
(RBSL)

Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti Laboratorium 3 ini mahasiswa dapat menghitung Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL).

Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Laboratorium 3 mahasiswa dapat:

1. Menuliskan sumber keragaman dan derajat bebas sumber keragaman dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL).
2. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK), Kuadrat Tengah (KT) dan F Hitung dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL).
3. Membandingkan F Hitung dan F Tabel serta menarik kesimpulan untuk Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL).

Uraian dan Contoh

Terdapat empat sumber keragaman dalam RBSL, yaitu: Baris, Kolom, Perlakuan, dan Galat Percobaan. Sebagai ilustrasi ditampilkan data produksi hijauan 4 jenis jagung (3 jenis hibrida = A, B, dan D; dan 1 jenis lokal = C) dari satuan percobaan $4 \times 4 \text{ m}^2$, sebagai berikut :

LANGKAH 1. Menyusun data dalam tabel.

Nomor Baris	Hasil Hijauan Jagung (Ton/Ha)				Total Baris
	Kol 1	Kol 2	Kol 3	Kol 4	
1.	1,640(B)	1,210(D)	1,425(C)	1,345(A)	5,620
2.	1,475(C)	1,185(A)	1,400(D)	1,290(B)	5,350
3.	1,670(A)	0,710(C)	1,665(B)	1,180(D)	5,225
4.	1,565(D)	1,290(B)	1,655(A)	0,660(C)	5,170
TOTAL	6.350	4.395	6,145	4,475	21,365

Perlakuan	Total	Rataan
A	5,855	1,464
B	5,885	1,471
C (kontrol)	4,270	1,068
D	5,355	1,339

LANGKAH 2. Menentukan nilai derajat bebas (db), Faktor Koreksi (FK), Jumlah Kuadrat Total = JK (X), JK Perlakuan = JK (T), JK Baris = JK (B), JK Kolom = JK (K), dan JK Galat = JK (G).

$$db \text{ total} = t^2 - 1 = (4)^2 - 1 = 15$$

$$db \text{ perlakuan} = db \text{ baris} = db \text{ kolom} = (t-1) = (4-1) = 3$$

$$db \text{ galat} = (t-1)(t-2) = (3)(2) = 6$$

$$db \text{ galat} = db \text{ total} - db \text{ perl.} - db \text{ baris} - db \text{ kelompok} = 15 - 3 - 3 - 3 = 6$$

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{(21,365)^2}{(4)(4)} = 28,528952$$

$$\begin{aligned} JK (X) &= JK \text{ Total} \\ &= \sum X^2 - FK \\ &= \{(1,640)^2 + \dots + (0,660)^2\} - 28,528952 \\ &= 1,413923 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK (B) &= JK (\text{Baris}) = \frac{\sum B^2}{t} - FK \\ &= \frac{(5,620)^2 + \dots + (5,170)^2}{4} - 28,528952 \\ &= 0,030154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK (K) &= JK (\text{Kolom}) = \frac{\sum K^2}{t} - FK \\ &= \frac{(6,350)^2 + \dots + (4,475)^2}{4} - 28,528952 \\ &= 0,8227342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK (Ti) &= JK (\text{Perlakuan}) = \frac{\sum Ti^2}{t} - FK \\ &= \frac{(5,855)^2 + \dots + (5,355)^2}{4} - 28,528952 \\ &= 0,426842 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK(G) &= JK(\text{Galat}) \\
 &= JK(X) - JK(B) - JK(K) - JK(T) \\
 &= 1,413923 - 0,030154 - 0,827342 - 0,426842 \\
 &= 0,129585
 \end{aligned}$$

LANGKAH 3. Menghitung kuadrat tengah (KT) untuk masing-masing sumber keragaman dengan cara membagi JK yang bersangkutan dengan db-nya

$$KT(B) = \frac{JK(B)}{t-1} = \frac{0,030154}{3} = 0,010051$$

$$KT(K) = \frac{JK(K)}{t-1} = \frac{0,827342}{3} = 0,275781$$

$$KT(T) = \frac{JK(T)}{t-1} = \frac{0,426842}{3} = 0,142281$$

$$KT \text{ Galat} = \frac{JK(G)}{(t-1)(t-2)} = \frac{0,129585}{(3)(2)} = 0,021598$$

LANGKAH 4. Menghitung nilai F untuk uji signifikansi dari perlakuan, dan mencari nilai F tabel dari daftar F (tabel) dengan $f_1 = db$ perlakuan = (t-1) dan $f_2 = db$ galat = (t-1)(t-2).

$$F_{hit} = \frac{KT(\text{Perlakuan})}{KT(\text{Galat})} = \frac{0,142281}{0,021598} = 6,59$$

Dari F (Tabel) dengan $f_1 = 3$ dan $f_2 = 6$, akan bernilai 4,76 (5%) dan 9,78 (1%)

LANGKAH 5. Masukkan semua perhitungan dari langkah 2 - 4 dalam tabel Analisis Varians berikut ini:

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F.hit	F.tabel	
					5%	1%
Baris	3	0,030154	0,010051	6,59*	4,76	9,78
Kolom	3	0,827342	0,275781			
Perlakuan	3	0,426842	0,142281			
Galat	6	0,129585	0,021598			
Total	15	1,413923				

CV = Koefisien Keragaman = 11,00 %

* = Signifikasi taraf 5%

LANGKAH 6. Menghitung Koefisien Keragaman (CV = Coefisien Variance).

$$CV = \frac{\sqrt{KT \text{ Galat}}}{\text{Rataan total}} \times 100\% = \frac{\sqrt{0,021598}}{1335} \times 100\% = 11,00\%$$

TUGAS LABORATORIUM 3

Penelitian terhadap jumlah mikrobia (ribu/mm²) pada kulit telur dengan perlakuan pengelapan alkohol 70% kemudian direndam dalam larutan garam dengan konsentrasi 0, 4, 8, 10, 14% (A, B, C, D, E) selama 1 menit. Berdasar hasil penelitian diperoleh data sebagai berikut

Hari	Pekerja				
	1	2	3	4	5
1.	14(B)	10(A)	11(E)	12(C)	10(D)
2.	10(C)	10(D)	11(B)	8 (A)	12(E)
3.	14(E)	12(B)	13(C)	11(D)	9 (A)
4.	11(A)	11(C)	10(D)	10(E)	13(B)
5.	13(D)	12(E)	9(A)	10(B)	13(C)

- Buatlah model liniernya!
- Buatlah hipotesis statistiknya!
- Hitung ANOVA dan CV !
- Tulis kesimpulannya !

LABORATORIUM: 4
PENGUJIAN HIPOTESIS (PH) DAN
PEMBANDINGAN NILAI TENGAH (PNT)

Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti Laboratorium 4 ini mahasiswa dapat menghitung pengujian hipotesis dan perbandingan nilai tengah.

Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Laboratorium 4 mahasiswa dapat:

1. Menjelaskan dan menghitung perbandingan nilai tengah dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada Rancangan Acak Lengkap (RAL) ulangan sama.
2. Menjelaskan dan menghitung perbandingan nilai tengah dengan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan (UJBD) pada Rancangan Acak Lengkap (RAL) ulangan sama.

Uraian dan Contoh

UJI BEDA NYATA TERKECIL (BNT)

Prosedur uji BNT untuk perbandingan 2 nilai tengah perlakuan, mengikuti langkah-langkah berikut ini (misalnya pada perlakuan ke-i dan ke-j).

LANGKAH 1. Hitung selisih nilai tengah/rataan/rerata perlakuan ke-i dan ke-j.

$$d_{ij} = \bar{X}_i - \bar{X}_j \text{ dimana } \begin{array}{l} \bar{X}_i = \text{Rataan perlakuan ke-i} \\ \bar{X}_j = \text{Rataan perlakuan ke-j} \end{array}$$

LANGKAH 2. Hitung nilai BNT pada taraf nyata, yaitu :

$$BNT = (t_a) (s_d)$$

di mana t_a = nilai t tabel pada peluang $\alpha\%$ dengan db = n
 s_d = galat baku dari selisih nilai tengah perlakuan
 n = derajat bebas galat

LANGKAH 3. Membandingkan selisih nilai tengah (langkah 1) dengan nilai BNT (langkah 2), dan menyimpulkan selisih nilai tengah perlakuan ke i dan ke j pada taraf nyata, apakah nilai $d_{ij} > \text{BNT}$. Bila sebaliknya, maka perbedaan dari 2 nilai tengah perlakuan ke i dan ke j tidak berbeda nyata.

Apabila hanya ada satu galat yang berlaku, maka galat baku dari selisih nilai tengah setiap perlakuan dihitung sbb :

$$s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{r}} \quad \text{dimana } S^2 = \text{KT galat}$$

r = jumlah ulangan yang berlaku bagi kedua perlakuan yang dipasangkan

Dalam percobaan faktorial (pada Lab 5), terdapat beberapa tipe nilai tengah perlakuan. Sebagai contoh percobaan faktorial 2×3 , yang melibatkan faktor A (2 taraf) dan faktor B (3 taraf); maka terdapat 4 tipe nilai tengah yang diperbandingkan:

1. Dua nilai tengah A, sebagai rata-rata dari ketiga taraf faktor B.
2. Tiga nilai tengah B, sebagai rata-rata dari kedua perlakuan A.
3. Enam nilai tengah A, sebagai rata-rata dari dua nilai tengah pada setiap dari ketiga taraf faktor B.
4. Empat nilai tengah B, sebagai rata-rata dari tiga nilai tengah pada setiap dari kedua faktor A.

Pada pembandingan 1 = nilai tengah merupakan rata-rata dari $(3 \times r)$ pengamatan.

Pada pembandingan 2 = nilai tengah merupakan rata-rata dari $(2 \times r)$ pengamatan.

Pada 3 dan 4 = nilai tengah merupakan rata-rata dari r pengamatan.

Dengan demikian untuk pembandingan 4 tipe di atas menggunakan rumus-rumus sbb :

$$1. \quad s_{\bar{d}} = \frac{2 s^2}{r} \quad \text{untuk pembandingan 3 dan 4}$$

$$2. \quad s_{\bar{d}} = \frac{2 s^2}{3r} \quad \text{untuk pembandingan 1}$$

$$3. \quad s_{\bar{d}} = \frac{2 s^2}{2r} = \frac{s^2}{r} \quad \text{untuk pembandingan 2}$$

Contoh berikut ini merupakan perbandingan nilai tengah tiap perlakuan dengan kontrol (data pada Tabel 1) dengan menggunakan BNT. Lihat tabel 1.

Perlakuan	Hasil Rataan (kg/ha)	Beda dengan kontrol (Kg/ha)	BNT.hit	
			5%	1%
Kontrol	1.316	-----		
T1 = Dol-Mix (1 kg)	2.127	811 **	453	616
T2 = Dol-Mix (2 kg)	2.678	1.362 **		
T3 = DDT-y-BHC	2.552	1.236 **		
T4 = Azodrin	2.128	812 **		
T5 = Dimecron-Boom	1.796	480 **		
T6 = Dimecron-Knap	1.681	365 ns		

Keterangan : a. : Rataan dari 4 ulangan

B : ** = nyata pada taraf 1%

* = nyata pada taraf 5%

ns = tidak nyata

Cara mencari nilai BNT.hit pada contoh di atas melalui prosedur sebagai berikut :

$$\text{BNT.hit} = (t_a) \cdot s \sqrt{\frac{1}{d}}$$

$$= (t_a) \sqrt{\left(\frac{2s^2}{r} \right)}$$

(1%) t_a = t tabel dengan n sebesar 21 adalah 2,080 (5%) dan 2,831

$$r = 4$$

$$s^2 = \text{Kuadrat tengah galat} = 94.773$$

$$\text{BNT 5\%} = 453 \text{ kg/ha dan BNT 1\%} = 616 \text{ kg/ha}$$

UJI JARAK BERGANDA DUNCAN (UJBD)

Prosedur pada program UJBD digunakan untuk perbandingan terhadap semua kemungkinan pasangan nilai tengah, mencakup langkah-langkah sebagai berikut:

LANGKAH 1. Urutkan semua nilai tengah perlakuan dalam urutan menurun atau meningkat.

Sebagai contoh, data pada tabel 1 di atas (dalam percobaan dengan RAL di depan) disusun dalam urutan menurun:

Perlakuan	Hasil	Urutan
T2	2.678	1
T3	2.552	2
T4	2.128	3
T1	2.127	4
T5	1.796	5
T6	1.681	6
T7	1.316	7

LANGKAH 2. Hitung nilai sd mengikuti prosedur sesuai rancangannya:

$$sd = \sqrt{\frac{s^2}{r}} = \sqrt{\frac{(94.773)}{4}} = 153,92$$

LANGKAH 3. Hitung nilai (t-1) dari "Shortest significant range", yaitu:

$$Rp = [(rp) \times (sd) \text{ untuk } p = 2, 3, \dots, t]$$

Keterangan :

- t = Jumlah total perlakuan
- sd = Galat baku selisih nilai tengah
- rp = Nilai tabel dari SSR
- p = Urutan jarak diantara pasangan nilai tengah perlakuan yang dibandingkan. Misal p = 2 adalah untuk pembandingan 2 nilai tengah dengan urutan terdekat. p=t adalah pembandingan nilai tengah tertinggi terhadap nilai tengah terendah.

Contoh :

Nilai rp dengan db galat 21 pada taraf nyata 5% dari suatu data, sbb :

P	2	3	4	5	6	7
rp 5%	2.94	3.09	3.18	3.24	3.30	3.33

Sehingga nilai Rp (t-1) dihitung sbb :

- P Rp = [(rp) x (sd)]
- 2 Rp = [(2.94) x (153.92)] = 453
- 3 Rp = [(3.09) x (153.92)] = 476
- 4 Rp = [(3.18) x (153.92)] = 489
- 5 Rp = [(3.24) x (153.92)] = 499
- 6 Rp = [(3.30) x (153.92)] = 509
- 7 Rp = [(3.33) x (153.92)] = 513

LANGKAH 4. Identifikasi dan pengelompokan semua nilai tengah perlakuan yang tidak berbeda nyata dari satu sama lain.

- A.1. Hitunglah selisih antara nilai tengah terbesar dan nilai Rp terbesar (nilai Rp pada $p=t$), lalu simpulkan semua nilai tengah perlakuan yang nilainya lebih kecil sehingga berbeda nyata terhadap nilai tengah perlakuan yang terbesar.
- A.2. Hitung jarak antara nilai tengah perlakuan yang masih ada dan perbandingkan jarak ini dengan nilai Rp pada $p=m$ (m =jumlah perlakuan dalam grup). Bila jarak dihitung < daripada nilai Rp yang sesuai, maka semua nilai tengah m perlakuan dalam grup tersebut disimpulkan tidak berbeda nyata satu sama lain.
- A.3. Tarik garis lurus yang menghubungkan semua nilai tengah yang disimpulkan tidak berbeda nyata satu sama lain.

Contoh: (Menggunakan data Langkah 1.)

1. Selisih antara nilai Rp terbesar = 513 dan nilai tengah perlakuan terbesar = 2.678 adalah sebesar 2.165 ($2.678 - 513 = 2.165$ kg/ha).
2. Semua nilai tengah perlakuan kecuali T3 adalah < dari nilai selisih tersebut, sehingga disimpulkan berbeda nyata terhadap T2.
3. Dari $m=2$, nilai tengah perlakuan yang tersisa (T2 dan T3) yang nilainya lebih besar dari selisih perbedaan 2.165 kg/ha, hitunglah jaraknya yakni $2.678 - 2.165 = 126$ kg/ha; lalu bandingkan nilai dengan nilai Rp pada $p=m=2$ yakni sebesar 453, karena selisih tersebut nilainya < dari nilai Rp pada $p=2$, maka nilai T2 dan T3 disimpulkan tidak berbeda nyata satu sama lain. Garis vertikal yang harus dihubungkan terhadap kedua nilai tengah tersebut (T2 dan T3) adalah sbb:

Perlakuan	Nilai tengah (kg/ha)
T2	2.678
T3	2.552

- B.1. Hitung selisih antara nilai tengah perlakuan terbesar kedua dan nilai Rp terbesar kedua (nilai Rp pada $p=t-1$) yang dihitung pada langkah 3 di atas. Simpulkan semua nilai tengah perlakuan yang nilainya < dari selisih ini sebagai berbeda nyata terhadap nilai tengah perlakuan terbesar kedua.
- B.2. Pada nilai tengah perlakuan $m=1$ yang tersisa yang nilainya lebih besar atau sama dengan selisih yang dihitung tersebut di atas, hitunglah jarak dan bandingkan nilai dengan nilai Rp yang sesuai (Rp pada $p=m=1$) simpulkan semua perlakuan di dalamnya sebagai tidak berbeda nyata bila nilainya < nilai Rp yang sesuai.
- B.3. Proses lebih lanjut diulangi terhadap nilai tengah perlakuan terbesar ketiga, dan seterusnya sehingga dihasilkan nilai perbandingan sbb :

Perlakuan	Nilai tengah (kg/ha)
T2	2.678
T3	2.552
T4	2.128
T1	2.127
T5	1796
T6	1.68
T7	1.316

LANGKAH 5. Penyajian hasil pengujian dapat dilakukan sebagai berikut:

Gunakan notasi alfabet dengan menurunkan dari notasi garis dengan memberi nama huruf yang sama untuk semua nilai tengah perlakuan yang dihubungkan oleh garis yang sama.

Pada kasus ini digunakan huruf a,b,c, dan d pada garis yang sama.

Perlakuan	T2	T3	T4	T1	T5	T6	T7
Nilai Tengah	2.678	2.552	2.128	2.127	1.796	1.681	1.361
Hasil (kg/ha)	a						
	-----		b				
		-----		c			
			-----		d		

UJBD untuk perbandingan semua kemungkinan pasangan nilai tengah perlakuan:

Perlakuan	Rataan Hasil (kg/ha)	UBJD
T2	2.678	a
T3	2.552	ab
T4	2.128	bc
T1	2.127	bc
T5	1796	c
T6	1.681	cd
T7	1.316	d

Keterangan : a = Rataan dari 4 ulangan

b = Nilai tengah yang mempunyai huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

TUGAS LABORATORIUM 4

Tugas laboratorium 4 adalah uji beda nilai tengah dengan menggunakan data dan ANOVA laboratorium 1 (RAL). Hitung dengan uji beda BNT dan UJBD serta jelaskan kesimpulannya !

LABORATORIUM: 5 FAKTORIAL

Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti Laboratorium 5 ini mahasiswa dapat menghitung Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Perlakuan Multifaktor berpola Faktorial dengan Rancangan Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK).

Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Laboratorium 5 mahasiswa dapat:

1. Menuliskan sumber keragaman dan derajat bebas sumber keragaman dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK) berpola Faktorial.
2. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK), Kuadrat Tengah (KT) dan F Hitung dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK) berpola Faktorial.
3. Membandingkan F Hitung dan F Tabel serta menarik kesimpulan untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK) berpola Faktorial.

Uraian dan Contoh

Percobaan faktorial tidak dipandang sebagai Rancangan Percobaan, tapi dipandang sebagai Rancangan Perlakuan. Rancangan perlakuan diterapkan sebagai perlakuan dengan 1 faktor atau lebih. Rancangan perlakuan dapat disusun dalam bentuk faktorial atau split plot (Rancangan Petak Terbagi). Rancangan dasar bagi faktorial atau RPT berupa RAL atau RAK.

Sekelompok perlakuan yang memuat 2 taraf/ tingkat atau lebih dari 2 faktor atau lebih dalam semua kombinasi dikenal sebagai Susunan Faktorial. Efek dalam suatu percobaan faktorial terdiri dari efek pokok dan interaksi.

Sebagai ilustrasi langkah-langkah analisis varian, di bawah ini diberikan contoh dari percobaan faktorial 4x3. Faktor pertama: Pemupukan Nitrogen (4 tingkat) dan Faktor kedua: Jenis Rumput (3 tingkat), dengan 3 ulangan.

LANGKAH 1. Susun semua kombinasi perlakuan yang terjadi seperti tabel di bawah ini:

Tingkat N (kg/ha)	Kombinasi Perlakuan Faktorial		
	V1	V2	V3
0 (N0)	N0V1	N0V2	N0V3
40(N1)	N1V1	N1V2	N1V3
70(N2)	N2V1	N2V2	N2V3
100(N3)	N3V1	N3V2	N3V3
130(N4)	N4V1	N4V2	N4V3

LANGKAH 2. Susun semua data hasil hijauan rumput dari percobaan pemupukan N dan jenis rumput. Keterangan: r = jumlah ulangan, a = jumlah tingkat faktor A (Jenis rumput), dan b = jumlah tingkat faktor B (Pemupukan). Lalu susun lay out dan bagan Analisis Variansnya.

Tabel Hasil hijauan 4 jenis rumput oleh pemupukan N dengan RAK 4 kelompok.

PUPUK N (kg/ha)	HASIL HIJAUAN				TOTAL PERLAKUAN
	R1	R2	R3	R4	
N0 V1	3.852	2.606	3.144	2.894	12.496
N1	4.788	4.936	4.562	4.608	18.894
N2	4.576	4.545	4.884	3.924	17.838
N3	6.034	5.276	5.906	5.652	22.868
N4	5.874	5.916	5.984	5.518	23.292
N0 V2	2.846	3.794	4.108	3.444	14.192
N1	4.956	5.128	4.150	4.990	19.224
N2	5.928	5.698	5.810	4.308	21.744
N3	5.664	5.362	6.458	5.474	22.292
N4	5.458	5.546	5.786	5.932	22.722
N0 V3	4.192	3.754	3.738	3.428	15.122
N1	5.250	4.582	4.896	4.286	19.014
N2	5.822	4.848	5.678	4.932	21.280
N3	5.888	5.524	6.042	4.756	22.210
N4	5.864	6.264	6.056	5.362	23.546
TOTAL (R)	76.992	73.688	77.202	69.508	297.390

Pupuk Nitrogen	Hasil Hijauan (AB)			Total N (B)
	V1	V2	V3	
N0	12.496	14.192	15.112	41.800
N1	18.894	19.224	19.014	57.132
N2	17.838	21.744	21.280	60.862
N3	22.868	22.958	22.210	68.036
N4	23.292	22.722	23.546	69.560
Total V	95.388	100.840	101.162	297.390

Lay out di bawah ini sebagai salah satu contoh dari percobaan di atas :

R1
V3N3 V2N1 V1N4 V1N1 V2N3 V2N3 V3N3 V1N1 V2N0 V2N1
V3N0 V1N3 V3N4 V1N2 V3N3 V1N3 V3N2 V1N2 V1N4 V2 N4
V2N4 V3N1 V2N0 V1N0 V2N2 V1N0 V3N4 V2N2 V3N1 V3N0

R2
V1N1 V3N0 V1N0 V3N1 V1N4 V1N2 V2N2 V2N4 V1N0 V2N0
V2N2 V1N2 V1N3 V2N4 V3N4 V1N3 V3N1 V1N4 V1N1 V2N3
V2N0 V3N2 V2N1 V2N3 V3N3 V3N0 V2N1 V3N2 V3N3 V3N4

R3
V1N1 V3N0 V1N0 V3N1 V1N4 V1N2 V2N2 V2N4 V1N0 V2N0
V2N2 V1N2 V1N3 V2N4 V3N4 V1N3 V3N1 V1N4 V1N1 V2N3
V2N0 V3N2 V2N1 V2N3 V3N3 V3N0 V2N1 V3N2 V3N3 V3N4

R4
V1N1 V3N0 V1N0 V3N1 V1N4 V1N2 V2N2 V2N4 V1N0 V2N0
V2N2 V1N2 V1N3 V2N4 V3N4 V1N3 V3N1 V1N4 V1N1 V2N3
V2N0 V3N2 V2N1 V2N3 V3N3 V3N0 V2N1 V3N2 V3N3 V3N4

LANGKAH 3. Menentukan nilai derajat bebas (db), Faktor Koreksi (FK), Jumlah Kuadrat Total = JK (X), JK Perlakuan = JK (T) : JK(A) dan JK (B), JK Kelompok = JK (R), dan JK Galat = JK (G).

$$\begin{aligned}
 \text{db total} &= (rab)-1 = 59 \\
 \text{db perlakuan} &= (ab-1) = 14 \\
 \text{db Var. (A)} &= (a-1) = 2 \\
 \text{db N (B)} &= (b-1) = 4 \\
 \text{db AxB} &= (a-1)(b-1) = 8 \\
 \text{db kelompok} &= (r-1) = 3 \\
 \text{db galat} &= (r-1)(ab-1) = 42
 \end{aligned}$$

$$FK = \frac{G^2}{rab} = \frac{(297390)^2}{(4)(3)(5)} = 1.474.014$$

$$\begin{aligned}
 JK(X) &= \sum X^2 - FK \\
 &= \{(3.852)^2 + \dots + (5.362)^2\} - 1.474.014 \\
 &= 53,530
 \end{aligned}$$

$$JK(R) = \frac{\sum R^2}{ab} - FK$$

$$= \frac{(76.992)^2 + \dots + (69.508)^2}{(3)(5)} - 1.474.014$$

$$= 2,599$$

$$JK(T) = \frac{\sum T^2}{r} - FK$$

$$= \frac{(12.496)^2 + \dots + (23.546)^2}{4} - 1.474.014$$

$$= 44,578$$

$$JK(A) = \frac{\sum A^2}{rb} - FK$$

$$= \frac{(95.388)^2 + \dots + (101.162)^2}{(4)(5)} - 1.474.014$$

$$= 1,052$$

$$JK(B) = \frac{\sum B^2}{ra} - FK$$

$$= \frac{(41.800)^2 + \dots + (69.560)^2}{(4)(3)} - 1.474.014$$

$$= 41,234$$

$$JK(AB) = JK(T) - JK(A) - JK(B)$$

$$= 44,578 - 1,052 - 41,234 = 2,292$$

$$JK(G) = JK(X) - JK(T) - JK(R)$$

$$= 53,530 - 2,599 - 44,578 = 6,353$$

LANGKAH 3. Menghitung kuadrat tengah (KT) untuk masing-masing sumber keragaman dengan cara membagi JK yang bersangkutan dengan db-nya

$$KT(\text{Kelompok}) = \frac{JK(R)}{r-1} = \frac{2,599}{3} = 0,866$$

$$KT(\text{Perlakuan}) = \frac{JK(T)}{ab-1} = \frac{44,578}{14} = 3,184$$

$$KT(A) = \frac{JK(A)}{a-1} = \frac{1,052}{2} = 0,526$$

$$KT(B) = \frac{JK(B)}{b-1} = \frac{41,234}{4} = 10,30$$

$$KT(AB) = \frac{JK(AB)}{(a-1)(b-1)} = \frac{2,2920}{(2)(4)} = 0,286$$

$$KT(\text{Galat}) = \frac{JK(\text{Galat})}{(r-1)(ab-1)} = \frac{6,353}{(3)(14)} = 0,151$$

LANGKAH 4. Menghitung nilai F untuk uji signifikasi dari perlakuan, dan mencari nilai F tabel dari daftar F (tabel) dengan $f_1 = db$ pembilang dan $f_2 = db$ galat.

$$F(R) = \frac{KT(R)}{KT(\text{Galat})} = \frac{0,866}{0,151} = 5,74$$

$$F(T) = \frac{KT(T)}{KT(\text{Galat})} = \frac{3,184}{0,151} = 21,09$$

$$F(A) = \frac{KT(A)}{KT(\text{Galat})} = \frac{0,526}{0,151} = 3,48$$

$$F(B) = \frac{KT(B)}{KT(\text{Galat})} = \frac{10,308}{0,151} = 68,26$$

$$F(AB) = \frac{KT(AB)}{KT(\text{Galat})} = \frac{0,286}{0,151} = 1,89$$

LANGKAH 5. Masukkan semua perhitungan dari langkah 2 - 4 dalam tabel Analisis Varians berikut ini:

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F.hit	F.tabel	
					5%	1%
Kelompok	3	2,599	0,866	5,74**	2,83	4,29
Perlakuan	14	44,578	3,184	21,09**	1,94	2,54
Var. (A)	2	1,052	0,526	3,48*	3,22	5,15
N (B)	4	41,234	10,308	68,26**	2,59	3,80
AxB	8	2,292	0,286	1,89 ^{ns}	2,17	2,96
Galat	42	6,353	0,151			
Total	59	53,530				

CV = Koefisien Keragaman = 7,8%

^{ns} = Non Signifikasi taraf 5%

* = Signifikasi taraf 5%

** = Signifikasi taraf 1%

LANGKAH 6. Menghitung Koefisien Keragaman (CV = Coefisien Variance).

$$CV = \frac{\sqrt{KT \text{ Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% = \frac{\sqrt{0,151}}{4,956} \times 100\% = 7,8\%$$

Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa tidak ada interaksi dari perlakuan pemupukan N dan jenis rumput.

TUGAS LABORATORIUM 5

Suatu percobaan faktorial 4x3 dilakukan untuk mengetahui pengaruh macam-macam mulsa (M1,M2,M3 dan M4) terhadap produksi bahan kering tiga macam rumput (R1,R2 dan R3). Penelitian dilakukan dalam tiga kelompok dengan hasil sebagai berikut :

Perlakuan	Kelompok		
	K1	K2	K3
M1R1	39	43	40
M1R2	37	41	40
M1R3	27	30	28
M2R1	33	38	35
M2R2	27	27	25
M2R3	30	29	31
M3R1	34	31	32
M3R2	30	29	32
M3R3	27	32	30
M4R1	33	33	34
M4R2	29	28	30
M4R3	31	32	34

- Buatlah model liniernya!
- Buatlah hipotesis statistiknya!
- Hitung ANOVA dan CV !
- Tulis kesimpulannya !

LABORATORIUM: 6 RANCANGAN PETAK TERBAGI

Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti Laboratorium 6 ini mahasiswa dapat menghitung Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Perlakuan Multifaktor berpola Petak Terbagi (Split Plot) dengan Rancangan Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK).

Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Laboratorium 6 mahasiswa dapat:

1. Menuliskan sumber keragaman dan derajat bebas sumber keragaman dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK) berpola Petak Terbagi (Split Plot).
2. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK), Kuadrat Tengah (KT) dan F Hitung dari Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK) berpola Petak Terbagi (Split Plot).
3. Membandingkan F Hitung dan F Tabel serta menarik kesimpulan untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK) berpola Petak Terbagi (Split Plot).

Uraian dan Contoh

Analisis varian RPT dibagi menjadi analisis petak utama dan anak petak. Sebagai ilustrasi data hasil percobaan dari 2 faktor perlakuan (6 taraf pemupukan N dan 4 taraf jenis rumput) dalam RPT 3 kelompok. Pupuk N (faktor A) sebagai petak utama dan Jenis Rumput (faktor B) sebagai anak petak, terhadap hasil bahan keringnya.

LANGKAH 1. Menyusun Data dalam Tabel

Varietas (V)	Bahan Kering (Kg/ha)			Jumlah (NxV)
	R1	R2	R3	
V1 No	4.430	4.478	3.850	12.758
V2	3.944	5.314	3.660	12.918
V3	3.464	2.944	3.142	9.550
V4	4.126	4.482	4.836	13.444
Jumlah (RxN)	15.964	17.218	15.488	48.670

V1 N1	5.418	5.166	6.432	17.016
V2	6.502	5.858	5.586	17.946
V3	4.768	6.004	5.556	16.328
V4	5.192	4.604	4.652	14.448
Jumlah (RxN)	21.880	21.632	22.226	65.738
V1 N2	6.076	6.420	6.704	19.200
V2	6.008	6.127	6.642	18.777
V3	6.244	5.724	6.014	17.982
V4	4.546	5.744	4.146	14.436
Jumlah (RxN)	22.874	24.015	23.506	70.395
V1 N3	6.462	7.056	6.680	20.198
V2	7.139	6.982	6.564	20.685
V3	5.792	5.880	6.370	18.042
V4	2.774	5.036	3.638	11.448
Jumlah (RxN)	22.167	24.954	23.252	70.373
V1 N4	7.290	7.848	7.552	22.690
V2	7.682	6.594	6.576	20.852
V3	7.080	6.662	6.320	20.062
V4	1.414	1.960	2.766	6.140
Jumlah (RxN)	23.466	23.064	23.214	69.744
V1 N5	8.452	8.832	8.818	26.102
V2	6.228	7.387	6.006	19.621
V3	5.594	7.122	5.480	18.196
V4	2.248	1.380	2.014	5.642
Jumlah (RxN)	22.522	24.721	22.318	69.561
TOTAL (R)	128.873	135.604	130.004	394.481

LANGKAH 2 Menentukan nilai derajat bebas (db), Faktor Koreksi (FK), dan Jumlah Kuadrat (JK) semua sumber keragamannya.

$$\begin{aligned}
 \text{db Total} &= (rab)-1 = 71 \\
 \text{db Petak Utama (A)} &= (a-1) = 5 \\
 \text{db Galat (a)} &= (r-1)(a-1) = 10 \\
 \text{db Anak Petak (B)} &= (b-1) = 3 \\
 \text{db AxB} &= (a-1)(b-1) = 15 \\
 \text{db Kelompok} &= (r-1) = 2 \\
 \text{db Galat (b)} &= a(r-1)(ab-1) = 36
 \end{aligned}$$

$$FK = \frac{G^2}{rab} = \frac{(394.481)^2}{(3)(6)(4)} = 2.161.323.047$$

$$\begin{aligned}
 JK(X) &= \sum X^2 - FK \\
 &= \{(4.430)^2 + \dots + (2.014)^2\} - 2.161.323.047
 \end{aligned}$$

$$= 207.747.916$$

$$\begin{aligned} JK(R) &= \frac{\sum R^2}{ab} - FK \\ &= \frac{\{(128.873)^2 + \dots + (130.004)^2\}}{(6)(4)} - 2.161.323.047 \\ &= 1.082.577 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(A) = JK(\text{Nitrogen}) &= \frac{\sum A^2}{rb} - FK \\ &= \frac{\{(48.670)^2 + \dots + (69.561)^2\}}{(3)(4)} - 2.161.323.047 \\ &= 30.429.200 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Galat (A)} = JK \text{ Galat (Petak Utama)} &= \frac{\sum (RA)^2}{b} - FK - JK(R) - JK(A) \\ &= \frac{\{(15.964)^2 + \dots + (22.318)^2\}}{(4)} - FK - JK(R) - JK(A) \\ &= 1.419.678 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(B) = JK(\text{Varietas}) &= \frac{\sum B^2}{ra} - FK \\ &= \frac{\{(117.964)^2 + \dots + (65.558)^2\}}{(3)(6)} - 2.161.323.047 \\ &= 89.888.101 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(AB) = JK(N \times V) &= \frac{\sum (AB)^2}{r} - FK - JK(A) - JK(B) \\ &= \frac{\{(12.758)^2 + \dots + (5.642)^2\}}{3} - FK - JK(A) - JK(B) \\ &= 69.343.487 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Galat (b)} &= JK(\text{Total}) - JK(\text{semua di atas}) \\ &= 12.584.873 \end{aligned}$$

LANGKAH 4. Menghitung kuadrat tengah (KT) untuk masing-masing sumber keragaman dengan cara membagi JK yang bersangkutan dengan db-nya

$$KT(\text{Kelompok}) = \frac{JK(R)}{r-1} = \frac{1.082.577}{2} = 541.228$$

$$KT(A) = \frac{JK(A)}{a-1} = \frac{30.429.200}{5} = 6.085.840$$

$$KT(Ga) = \frac{JK(a)}{db(a)} = \frac{1.419.678}{10} = 141.968$$

$$KT(B) = \frac{JK(B)}{b-1} = \frac{89.888.101}{3} = 29.962.700$$

$$KT(AB) = \frac{JK(AB)}{db(AB)} = \frac{69.343.487}{15} = 4.622.899$$

$$KT(Gb) = \frac{JK(b)}{db(b)} = \frac{12.584.873}{36} = 349.580$$

LANGKAH 5. Menghitung nilai F untuk uji signifikansi dari perlakuan, dan mencari nilai F tabel dari daftar F (tabel) dengan $f_1 = db$ pembilang dan $f_2 = db$ galat.

$$F(A) = \frac{KT(A)}{KT(a)} = \frac{6.085.840}{141.968} = 42,87$$

$$F(B) = \frac{KT(B)}{KT(b)} = \frac{29.962.700}{349.580} = 85,71$$

$$F(AB) = \frac{KT(AB)}{KT(b)} = \frac{4.622.899}{349.580} = 13,22$$

LANGKAH 5. Masukkan semua perhitungan dari langkah 2 - 4 dalam tabel Analisis Varians berikut ini:

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F.hit	F.tabel	
					5%	1%
Kelompok	2	1.082.577	541.228			
N (A)	5	30.429.200	6.085.840	42.87**	3.33	5.64
Galat (a)	10	1.419.678	141.968			
Var. (B)	3	89.888.101	29.962.700	85.71**		
AxB	15	69.343.487	4.622.899	13.22**		
Galat (b)	36	12.584.873	349.580			
Total	71	204.747.916				

$$CV(a) = 6.9\%$$

$$CV(b) = 10.8\%$$

** = Signifikasi taraf 1%

LANGKAH 6. Menghitung Koefisien Keragaman (CV = Coefisien Variance).

$$CV = \frac{\sqrt{KT(a)}}{\text{rataan total}} \times 100\% = 6,9\%$$

$$CV = \frac{\sqrt{KT(b)}}{\text{rataan total}} \times 100\% = 10.8\%$$

Diharapkan $CV(a) < CV(b)$

Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa perlakuan pada petak utama (N), anak petak (Var.) dan interaksi; sangat nyata (1%) mempengaruhi hasil hijauan (bahan kering).

TUGAS LABORATORIUM 6

Suatu percobaan 2 faktor dilakukan untuk mengetahui pengaruh macam-macam mulsa (M1,M2,M3 dan M4) terhadap produksi bahan kering tiga macam rumput (R1,R2 dan R3) dengan tiga ulangan, dimana **jenis rumput** merupakan **petak utama** dan **mulsa** sebagai **anak petak**.

Perlakuan		Kelompok			
Petak Utama	Anak Petak	1	2	3	Total
R1	M1	39	43	40	122
	M2	33	38	35	106
	M3	34	31	32	97
	M4	33	33	34	100
		139	145	141	425
R2	M1	37	41	40	118
	M2	27	27	25	79
	M3	30	29	32	91

	M4	29	38	30	87
		123	125	127	375
R3	M1	27	30	28	85
	M2	30	29	31	90
	M3	27	32	30	89
	M4	31	32	34	97
		115	123	123	361
Total		377	393	391	1161

- Buatlah model liniernya!
- Buatlah hipotesis statistiknya!
- Hitung ANOVA dan CV !
- Tulis kesimpulannya !

LABORATORIUM: 7

ANALISIS VARIAN BANTU (PERAGAM)

Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti Laboratorium 1 ini mahasiswa dapat menghitung Analisis Varian Bantu atau Analisis Peragam atau Analisis Kovarians (ANKOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.

Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Laboratorium 1 mahasiswa dapat:

1. Menuliskan sumber keragaman dan derajat bebas sumber keragaman dari Analisis Varians (ANKOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.
2. Menghitung Jumlah Hasil Kali (JHK) tiap komponen sumber keragaman dari Analisis Kovarians (ANKOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.
3. Menghitung Koefisien Regresi untuk galat dari ANKOVA Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.
4. Menghitung Derajat Bebas (db), Jumlah Kuadrat (JK) dan Kuadrat Tengah (KT) Y yang disesuaikan dengan X tiap komponen sumber keragaman dari Analisis Kovarians (ANKOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.
5. Membandingkan F Hitung Y yang disesuaikan dengan X dan F Tabel serta menarik kesimpulan untuk Analisis Kovarians (ANKOVA) dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan sama.

Uraian dan Contoh

Analisis Peragam (AP) merupakan kombinasi dari metode regresi dan sidik ragam. Analisis ini mempunyai variabel pembantu yang mempunyai hubungan sangat erat dengan variabel tak bebas, bahkan ikut menentukannya. Variabel pembantu dapat mengurangi galat (error) percobaan, melalui penyesuaian (adjustments), yaitu dengan meniadakan pengaruh variasi yang diakibatkan oleh variabel bantunya.

Contoh pengamatan jumlah tunas yang muncul per stek akibat pemberian 10 macam konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). Percobaan dengan RAL dalam 5 ulangan. Variabel tak bebas yang diamati adalah jumlah tunas yang muncul per stek (Y). Karena mata tunas per stek bervariasi, maka mata tunas per stek dijadikan variabel bantu.

LANGKAH 1. Kelompokkan Semua Data Variabel Tak Bebas (Y) dan Bebas (X)

ZPT	R1		R2		R3		R4		R5		TOTAL	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	T _x	T _y
A	5	5	12	12	11	11	5	8	10	10	43	46
B	7	7	9	9	14	8	9	8	8	8	47	40
C	9	9	5	5	12	13	5	7	14	16	45	50
D	7	6	10	10	6	8	8	8	14	11	45	43
E	8	8	5	5	13	11	5	5	15	5	46	34
F	12	11	5	5	9	11	7	8	8	8	41	43
G	7	7	4	4	11	11	6	5	10	10	38	37
H	7	8	20	16	6	7	9	9	8	10	50	50
I	10	4	6	7	12	11	5	5	13	6	46	33
J	10	10	10	13	7	11	7	8	8	7	42	49
TOTAL	82	75	86	86	101	102	66	71	108	91		
GRAND TOTAL											443	425

LANGKAH 2. Hitung nilai-nilai seperti Faktor Koreksi (FK) masing-masing variabel Jumlah Kuadrat (JK) X, JK Y, dan Jumlah hasil kali (JHK) XY dari sumber keragaman

$$db \text{ total} = (rt) - 1 = 49$$

$$db \text{ perlakuan} = (t - 1) = 9$$

$$db \text{ galat} = (rt - 1) = 40$$

✓ Y yang disesuaikan :

$$db \text{ total} = (rt) - 2 = 48$$

$$db \text{ galat} = (rt - 1) - 1 = 39$$

$$\text{Perlakuan yang disesuaikan} = (t - 1) = 9$$

db galat dapat dihitung dengan cara pengurangan db total dengan db perlakuannya = $25 - 6 = 19$

1. Perhitungan JK Variabel X:

$$FK = \frac{(Tx)^2}{rt} = \frac{(443)^2}{(5)(10)} = 3.924,98$$

$$\begin{aligned} JK (XX) &= JK \text{ Total } (X) = \sum X^2 - FK (X) \\ &= \{(5)^2 + (12)^2 + \dots + (8)^2\} - 3.924,98 \\ &= 536,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK (T) &= JK \text{ Perlakuan } (X) = \frac{\sum Tx^2}{r} - FK \\ &= \frac{\{(43)^2 + \dots + (42)^2\}}{5} - 3.924,98 \\ &= 20,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Galat } (XX) &= JK \text{ Total } (X) - JK \text{ Perlakuan } (X) \\ &= 536,02 - 20,82 = 515,20 \end{aligned}$$

2. Perhitungan JHK Variabel X dan Y:

$$FK (XY) = \frac{Tx.Ty}{rt} = \frac{(443)(425)}{(5)(10)} = 3.765,50$$

$$\begin{aligned} JK (XY) &= \sum (XY) - FK (XY) \\ &= \{(5)(5) + (12)(12) + \dots + (8)(7)\} - 3.765,50 \\ &= 310,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK (T) &= JK \text{ Perlakuan } (XY) = \frac{\sum (Tx.Ty)}{r} - FK (Y) \\ &= \frac{\{(43)(46) + \dots + (42)(49)\}}{5} - 3.765,50 \\ &= 4,90 \end{aligned}$$

3. Perhitungan JK Variabel Y:

$$FK (YY) = \frac{(Ty)^2}{rt} = \frac{(425)^2}{(5)(10)} = 3.612,50$$

$$\begin{aligned} JK (YY) &= JK \text{ Total } (y) = \sum Y^2 - FK (Y) \\ &= \{(5)^2 + \dots + (7)^2\} - 3.612,50 \\ &= 394,50 \end{aligned}$$

$$JK (T) = JK \text{ Perlakuan } (y) = \frac{\sum Ty^2}{r} - FK$$

$$= \frac{\{(46)^2 + \dots + (49)^2\}}{5} - 3.612,50$$

$$= 305,6$$

LANGKAH 3. Menghitung nilai-nilai kolom Y yang disesuaikan terhadap X

1. Koefisien Regresi untuk galat

$$b_{yx} = \frac{[JHK \text{ Galat } (XY)]}{JK \text{ Galat } (XX)}$$

$$= \frac{(305,6)}{512,20} = 0,593$$

2. JK dari Y untuk regresi terhadap X

$$b_{yx} \cdot JHK \text{ Galat } (XY) = \frac{[JHK \text{ Galat } (XY)]^2}{JK \text{ Galat } (XX)}$$

$$= \frac{(305,6)^2}{512,20} = 181,27$$

3. JK Galat yang disesuaikan

JK galat yang disesuaikan = JK galat adj.

$$= JK \text{ Galat } (YY) - \frac{[JHK \text{ Galat } (XY)]^2}{JK \text{ Galat } (XX)}$$

$$= 321,20 - \frac{(305,6)^2}{512,20} = 139,93$$

4. KT Galat yang disesuaikan

KT Galat yang disesuaikan = KT Galat adj.

$$= \frac{JK \text{ Galat adj.}}{db \text{ Galat adj.}} = \frac{139,93}{39} = 3,59$$

5. JK Total yang disesuaikan

JK Total yang disesuaikan = JK Total adj.

$$= JK \text{ Total } (YY) - \frac{[JHK \text{ Total } (XY)]^2}{JK \text{ Total } (XX)}$$

$$= 394,5 - \frac{(310,5)^2}{536,02} = 214,64$$

6. JK Perlakuan yang disesuaikan

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan yang disesuaikan} &= \text{JK Perlakuan adj.} \\ &= \text{JK Total adj.} - \text{JK Galat adj.} \\ &= 214,64 - 139,93 \\ &= 74,71 \end{aligned}$$

7. KT Perlakuan yang disesuaikan

$$\begin{aligned} \text{KT Perlakuan yang disesuaikan} &= \text{KT Perlakuan adj.} \\ &= [\text{JK Perl. adj.}] : \text{db Perl} \\ &= 74,71 : 9 = 8,30 \end{aligned}$$

8. F Hitung yang disesuaikan

$$F \text{ hit. disesuaikan} = F \text{ hit. adj.} = \frac{\text{KT Perl. adj.}}{\text{KT Galat adj.}} = 2,31(*)$$

F Tabel (9, 39) = 2,13 (5%) dan 2,90 (1%), maka Fhit > F Tabel 5 %

LANGKAH 4. Menyusun ANOVA Bantu atau ANKOVA perhitungan di atas

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Hasil Kali			Y yang disesuaikan thd X			
		XX	XY	YY	Db	JK	KT	F Hit.
Perlakuan	9	20,82	4,90					
Galat	40	515,20	305,60	305,6	39	139,93	3,39	
Total	49	536,02	310,50	394,50	48	214,64		
Perlakuan Disesuaikan					9	74,71	8,30	2,31*

CV = 22,3% RE = 223% * = signifikan taraf

LANGKAH 5. Hitung CV dan Efisiensi Relatif (ER) dari Analisis Peragam dibanding Analisis Varian Baku/ Standart.

$$CV = \frac{\text{KT Galat adj. (YY)}}{\text{Rataan Total Y}} \times 100\%$$

$$= \frac{3,59}{8,50} \times 100\% = 22,3\%$$

$$\begin{aligned} RE &= \frac{KT \text{ Galat (YY)} \times 100\%}{[KT \text{ Galat adj. (YY)}][1 + KT (XX) / JK \text{ Galat (XX)}]} \\ &= \frac{(321,20 / 40) \times 100\%}{[3,59][1 + (20,82 / 9) / 515,20]} \end{aligned}$$

LANGKAH 6. Menghitung nilai tengah (Y adj.) dengan menggunakan rumus sbb:

$$Y \text{ adj.} = Y_i - b_{yx} (X_i - \bar{X}) ; b = 0,593$$

Carilah nilai Y yang disesuaikan dengan formula tersebut, kemudian disusun dalam suatu Tabel untuk mempermudah perhitungan dan analisis, seperti di bawah ini:

Perlakuan	Rataan Var. Y dan X Y _i X _i		Deviasi (D=X _i -X)	Faktor Penyesuai (0,593 D)	Rataan Var. d disesuaikan Y _{adj} = Y - 0,593 D
A	9.20	8.60	-0.30	-0.18	9.38
B	8.00	9.40	0.50	0.30	7.70
C	10.00	9.00	0.10	0.06	9.94
D	8.60	9.00	0.10	0.06	8.54
E	6.80	9.20	0.30	0.18	6.62
F	8.60	8.20	-0.70	-0.42	9.02
G	7.40	7.60	-1.30	-0.77	8.17
H	10.00	10.00	1.10	0.65	9.35
I	6.60	9.20	0.30	0.18	6.42
J	9.80	8.40	-0.50	-0.30	10.10
JUMLAH	85.00	88.60	-0.40**	-0.24**	85.24
RATAAN	Y= 8.50*	X = 8.90			8.52

Keterangan : * = secara teoritis Y_i = Y adj.

** = secara teoritis sama dengan nol

LANGKAH 9. Nilai Y adj. diperbandingkan seperti cara biasa

1. Bila db Galat < 20 maka formula untuk:

$$sd = (KT \text{ galat adj.}) \left[\frac{2}{r} + \frac{(X_i - X_j)^2}{JK \text{ Galat } (X)} \right]$$

X_i = Nilai tengah perlakuan ke- i

X_j = Nilai tengah perlakuan ke- j

2. Bila db Galat > 20, maka formula untuk mencari:

$$sd = \frac{2 [KT \text{ galat adj.}]}{r} \left[1 + \frac{JK \text{ Perlakuan } (X)}{(t-1)(JK \text{ Galat } X)} \right]$$

Sekarang mencari pembanding dengan cara BNT = $(t_\alpha)(sd)$

Nilai sd = 1,2010 (Coba anda hitung sendiri)

BNT 5% = $(2,0231)(1,2010) = 2,43$

1% = $(2,7086)(1,2010) = 3,25$

Bila ada perlakuan yang mempunyai ulangan tidak sama, bagaimana cara membandingkannya? (lihat uji BNT pada laboratorium 4).

Bagaimana bila kita menggunakan perbandingan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (UJBD).

TUGAS LABORATORIUM 7

Data hasil pengamatan jumlah tunas yang muncul per stek akibat pemberian 3 macam konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). Percobaan dengan RAL dalam 5 ulangan. Variabel tak bebas yang diamati adalah jumlah tunas yang muncul per stek (Y). Karena mata tunas per stek bervariasi, maka mata tunas per stek dijadikan variabel bantu.

ZPT	R1		R2		R3		R4		R5	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
A	20	36	25	41	24	39	25	42	32	49
B	22	40	28	48	22	39	30	45	28	44
C	21	35	23	37	26	42	21	34	15	32

- Buatlah model liniernya!
- Buatlah hipotesis statistiknya!
- Hitung ANOVA, CV dan RE !
- Tulis kesimpulannya

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, M. 2007. Pengantar Ilmu Statistik untuk Peternakan dan Kesehatan Hewan. Binasti Publisher, Bogor.
- Gomez, K.A. dan A.A. Gomez. 1983. Statistical Procedures for Agriculture Research. 2nd Ed. John Willey and Sons Inc., New York.
- Gaspersz, V. 1991. Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan. Tarsito, Bandung.
- Fakultas Peternakan Undip. 2007. Pedoman Penyajian karya Ilmiah Mahasiswa. Fakultas Peternakan Undip, Semarang.
- Sokal R.R. dan F.J.Rohlf. 1991. Pengantar Biostatistika. Edisi ke-2. Diterjemahkan oleh: Nasrullah dan Setyono Setyo Sunarto. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Yitnosumarto, S. 1991. Percobaan, Perancangan, Analisis dan Interpretasinya. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Steel R.G.D. dan J.H. Torrie. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik. Cetakan ke-2. Diterjemahkan oleh: B.Sumantri. PT.Gramedia, Jakarta.
- Sudjana. 1994. Desain dan Analisis Eksperimen. Edisi Ke-3. Tarsito, Bandung.

I Percentage Points of the t Distribution

df	α									
	0.40	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.321	318.309	636.619
2	0.289	0.817	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.599
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.500	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.897	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.813	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.696	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.373	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.625	2.977	3.326	3.787	4.141
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.603	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.584	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.611	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.540	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.320	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.705	2.971	3.307	3.551
50	0.255	0.679	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	0.255	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
70	0.254	0.678	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	2.899	3.211	3.435
80	0.254	0.678	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
90	0.254	0.677	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	2.878	3.183	3.402
100	0.254	0.677	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.391
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.374

II . Percentage Points of the F Distribution

$F_{0.25;v_1,v_2}$

V_2	Degrees of Freedom for the Numerator (v_1)																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	40	50	60
1	5.83	7.50	8.20	8.58	8.82	8.98	9.10	9.19	9.26	9.32	9.37	9.41	9.44	9.47	9.49	9.58	9.63	9.67	9.71	9.76	
2	2.57	3.00	3.15	3.23	3.28	3.31	3.34	3.35	3.37	3.38	3.39	3.39	3.4	3.41	3.41	3.43	3.44	3.44	3.45	3.46	
3	2.02	2.28	2.36	2.39	2.41	2.42	2.43	2.44	2.44	2.44	2.45	2.45	2.45	2.45	2.46	2.46	2.46	2.47	2.47	2.47	
4	1.81	2.00	2.05	2.06	2.07	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	
5	1.69	1.85	1.88	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.88	1.88	1.88	1.88	1.87	
6	1.62	1.76	1.78	1.79	1.79	1.78	1.78	1.78	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.76	1.76	1.76	1.75	1.75	1.75	1.74	
7	1.57	1.70	1.72	1.72	1.71	1.71	1.7	1.70	1.69	1.69	1.69	1.68	1.68	1.68	1.68	1.67	1.67	1.66	1.66	1.65	
8	1.54	1.66	1.67	1.66	1.66	1.65	1.64	1.64	1.63	1.63	1.63	1.62	1.62	1.62	1.62	1.61	1.60	1.60	1.59	1.59	
9	1.51	1.62	1.63	1.63	1.62	1.61	1.60	1.60	1.59	1.59	1.58	1.58	1.58	1.57	1.57	1.56	1.55	1.55	1.54	1.54	
10	1.49	1.60	1.60	1.59	1.59	1.58	1.57	1.56	1.56	1.55	1.55	1.54	1.54	1.54	1.53	1.52	1.52	1.51	1.51	1.50	
11	1.47	1.58	1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	1.53	1.52	1.52	1.51	1.51	1.51	1.5	1.49	1.49	1.48	1.47	1.47	
12	1.46	1.56	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52	1.51	1.51	1.50	1.49	1.49	1.49	1.48	1.48	1.47	1.46	1.45	1.45	1.44	
13	1.45	1.55	1.55	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.49	1.48	1.47	1.47	1.47	1.46	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.42	
14	1.44	1.53	1.53	1.52	1.51	1.5	1.49	1.48	1.47	1.46	1.46	1.45	1.45	1.44	1.44	1.43	1.42	1.41	1.41	1.40	
15	1.43	1.52	1.52	1.51	1.49	1.48	1.47	1.46	1.46	1.45	1.44	1.44	1.43	1.43	1.43	1.41	1.40	1.40	1.39	1.38	
16	1.42	1.51	1.51	1.50	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.44	1.43	1.43	1.42	1.42	1.41	1.4	1.39	1.38	1.37	1.36	
17	1.42	1.51	1.50	1.49	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43	1.43	1.42	1.41	1.41	1.41	1.4	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	
18	1.41	1.50	1.49	1.48	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.42	1.41	1.40	1.40	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	
19	1.41	1.49	1.49	1.47	1.46	1.44	1.43	1.42	1.41	1.41	1.40	1.40	1.39	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	
20	1.40	1.49	1.48	1.47	1.45	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.39	1.38	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	
21	1.40	1.48	1.48	1.46	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.39	1.38	1.37	1.37	1.37	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	
22	1.40	1.48	1.47	1.45	1.44	1.42	1.41	1.40	1.39	1.39	1.38	1.37	1.37	1.36	1.36	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	
23	1.39	1.47	1.47	1.45	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.37	1.36	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	
24	1.39	1.47	1.46	1.44	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.38	1.37	1.36	1.36	1.35	1.35	1.33	1.32	1.31	1.3	1.29	
25	1.39	1.47	1.46	1.44	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.36	1.35	1.35	1.34	1.33	1.31	1.31	1.29	1.28	
26	1.38	1.46	1.45	1.44	1.42	1.41	1.39	1.38	1.37	1.37	1.36	1.35	1.35	1.34	1.34	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	

27	1.38	1.46	1.45	1.43	1.42	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.35	1.34	1.34	1.33	1.32	1.30	1.30	1.28	1.27
28	1.38	1.46	1.45	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.35	1.34	1.34	1.33	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27
29	1.38	1.45	1.45	1.43	1.41	1.40	1.38	1.37	1.36	1.35	1.35	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.3	1.29	1.27	1.26
30	1.38	1.45	1.44	1.42	1.41	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.34	1.33	1.33	1.32	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26
40	1.36	1.44	1.42	1.40	1.39	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.31	1.30	1.28	1.26	1.26	1.25	1.24	1.22
50	1.35	1.43	1.41	1.39	1.37	1.36	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.29	1.28	1.27	1.25	1.23	1.23	1.22	1.2
60	1.35	1.42	1.41	1.38	1.37	1.35	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27	1.27	1.26	1.24	1.23	1.22	1.21	1.19
70	1.35	1.41	1.40	1.38	1.36	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27	1.27	1.26	1.24	1.23	1.21	1.20	1.18
80	1.34	1.41	1.40	1.38	1.36	1.34	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26	1.26	1.25	1.23	1.22	1.21	1.19	1.17
90	1.34	1.41	1.39	1.37	1.35	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26	1.26	1.25	1.23	1.21	1.20	1.19	1.17
100	1.34	1.41	1.39	1.37	1.35	1.33	1.32	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26	1.25	1.25	1.23	1.21	1.20	1.18	1.16	
120	1.34	1.40	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26	1.25	1.24	1.22	1.2	1.19	1.18	1.16	
500	1.33	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.3	1.28	1.27	1.26	1.25	1.24	1.24	1.23	1.22	1.2	1.18	1.17	1.15	1.13
1000	1.32	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.29	1.28	1.27	1.26	1.25	1.24	1.23	1.23	1.22	1.19	1.18	1.16	1.14	1.12

III. Percentage Points of the F Distribution

$F_{0.10;v_1,v_2}$

V_2	Degrees of Freedom for the Numerator (V_1)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	40	60
1	39.86	49.5	53.59	55.83	57.24	58.2	58.91	59.44	59.86	60.19	60.47	60.71	60.9	61.07	61.22	61.74	62.05	62.26	62.53	62.79
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.4	9.41	9.41	9.42	9.42	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.22	5.22	5.21	5.20	5.20	5.18	5.17	5.17	5.16	5.15
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.91	3.90	3.89	3.88	3.87	3.84	3.83	3.82	3.8	3.79
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32	3.30	3.28	3.27	3.26	3.25	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96	2.94	2.92	2.90	2.89	2.88	2.87	2.84	2.81	2.80	2.78	2.76
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.7	2.68	2.67	2.65	2.64	2.63	2.59	2.57	2.56	2.54	2.51
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56	2.54	2.52	2.50	2.49	2.48	2.46	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44	2.42	2.40	2.38	2.36	2.35	2.34	2.30	2.27	2.25	2.23	2.21
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35	2.32	2.30	2.28	2.27	2.26	2.24	2.20	2.17	2.16	2.13	2.11
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.23	2.21	2.19	2.18	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.1	2.06	2.03	2.01	1.99	1.96
13	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90
14	3.1	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12	2.10	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01	1.96	1.93	1.91	1.89	1.86
15	3.07	2.7	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.92	1.89	1.87	1.85	1.82
16	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.01	1.99	1.97	1.95	1.94	1.89	1.86	1.84	1.81	1.78
17	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03	2.00	1.98	1.96	1.94	1.93	1.91	1.86	1.83	1.81	1.78	1.75
18	3.01	2.62	2.42	2.29	2.2	2.13	2.08	2.04	2.00	1.98	1.95	1.93	1.92	1.90	1.89	1.84	1.80	1.78	1.75	1.72
19	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98	1.96	1.93	1.91	1.89	1.88	1.86	1.81	1.78	1.76	1.73	1.70
20	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96	1.94	1.91	1.89	1.87	1.86	1.84	1.79	1.76	1.74	1.71	1.68
21	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95	1.92	1.90	1.87	1.86	1.84	1.83	1.78	1.74	1.72	1.69	1.66
22	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.88	1.86	1.84	1.83	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64
23	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.84	1.83	1.81	1.80	1.74	1.71	1.69	1.66	1.62
24	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91	1.88	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61

25	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89	1.87	1.84	1.82	1.8	1.79	1.77	1.72	1.68	1.66	1.63	1.59
26	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88	1.86	1.83	1.81	1.79	1.77	1.76	1.71	1.67	1.65	1.61	1.58
27	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87	1.85	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.70	1.66	1.64	1.60	1.57
28	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74	1.69	1.65	1.63	1.59	1.56
29	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86	1.83	1.80	1.78	1.76	1.75	1.73	1.68	1.64	1.62	1.58	1.55
30	2.88	2.49	2.28	2.14	2.05	1.98	1.93	1.88	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.67	1.63	1.61	1.57	1.54
40	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79	1.76	1.74	1.71	1.70	1.68	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47
50	2.81	2.41	2.20	2.06	1.97	1.90	1.84	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68	1.66	1.64	1.63	1.57	1.53	1.50	1.46	1.42
60	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74	1.71	1.68	1.66	1.64	1.62	1.60	1.54	1.50	1.48	1.44	1.40
70	2.78	2.38	2.16	2.03	1.93	1.86	1.80	1.76	1.72	1.69	1.66	1.64	1.62	1.60	1.59	1.53	1.49	1.46	1.42	1.37
80	2.77	2.37	2.15	2.02	1.92	1.85	1.79	1.75	1.71	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57	1.51	1.47	1.44	1.40	1.36
90	2.76	2.36	2.15	2.01	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56	1.50	1.46	1.43	1.39	1.35
100	2.76	2.36	2.14	2.00	1.91	1.83	1.78	1.73	1.69	1.66	1.64	1.61	1.59	1.57	1.56	1.49	1.45	1.42	1.38	1.34
120	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.63	1.6	1.58	1.56	1.55	1.48	1.44	1.41	1.37	1.32
500	2.72	2.31	2.09	1.96	1.86	1.79	1.73	1.68	1.64	1.61	1.58	1.56	1.54	1.52	1.50	1.44	1.39	1.36	1.31	1.26
1000	2.71	2.31	2.09	1.95	1.85	1.78	1.72	1.68	1.64	1.61	1.58	1.55	1.53	1.51	1.49	1.43	1.38	1.35	1.30	1.25

IV. Percentage Points of the F Distribution

$F_{0.05;v_1,v_2}$

v_2	Degrees of Freedom for the Numerator (v_1)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	40	60
1	161.5	200	215.7	224.6	230.2	234	236.8	238.9	240.5	241.9	243	243.9	245	245.4	246	248	249.3	250.1	251.1	252.2
2	18.51	19.0	19.16	19.25	19.3	19.3	19.35	19.37	19.38	19.4	19.4	19.41	19.4	19.42	19.43	19.45	19.46	19.46	19.47	19.48
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.66	8.63	8.62	8.59	8.57
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.56	4.52	4.50	4.46	4.43
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.87	3.83	3.81	3.77	3.74
7	5.59	4.74	4.36	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.44	3.40	3.38	3.34	3.30
8	5.32	4.46	4.07	3.83	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.15	3.11	3.08	3.04	3.01
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.94	2.89	2.86	2.83	2.79
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.77	2.73	2.70	2.66	2.62
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.65	2.60	2.57	2.53	2.49
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.54	2.50	2.47	2.43	2.38
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.46	2.41	2.38	2.34	2.30
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.39	2.34	2.31	2.27	2.22
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.9	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.33	2.28	2.25	2.20	2.16
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.28	2.23	2.19	2.15	2.11
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.7	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.23	2.18	2.15	2.10	2.06
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.19	2.14	2.11	2.06	2.02
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.6	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.12	2.07	2.04	1.99	1.95
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.3	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.07	2.02	1.98	1.94	1.89
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13	2.05	2.00	1.96	1.91	1.86
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.03	1.97	1.94	1.89	1.84
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82

26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	1.99	1.94	1.90	1.85	1.80
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.2	2.17	2.13	2.1	2.08	2.06	1.97	1.92	1.88	1.84	1.79
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03	1.94	1.89	1.85	1.81	1.75
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.93	1.88	1.84	1.79	1.74
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.84	1.78	1.74	1.69	1.64
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.78	1.73	1.69	1.63	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.75	1.69	1.65	1.59	1.53
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.72	1.66	1.62	1.57	1.50
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.70	1.64	1.60	1.54	1.48
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78	1.69	1.63	1.59	1.53	1.46
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.68	1.62	1.57	1.52	1.45
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.8	1.78	1.75	1.66	1.60	1.55	1.50	1.43
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.59	1.53	1.48	1.42	1.35
***	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68	1.58	1.52	1.47	1.41	1.33

V. Percentage Points of the F Distribution

$F_{0.025; v_1, v_2}$

v_2	Degrees of Freedom for the Numerator (v_1)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	40	60	100	1006	1010	1016	1020	1024
1	647.8	799.5	864.16	899.6	921.9	937.1	948.2	956.7	963.3	968.6	973	976.7	979.8	982.5	984.9	993.1	998	1001	1006	1010	1016	1020	1024	1028	1032	1036
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.3	39.33	39.36	39.37	39.39	39.4	39.41	39.41	39.42	39.43	39.43	39.45	39.5	39.46	39.47	39.48	39.5	39.51	39.52	39.53	39.54	39.55
3	17.44	16.04	15.44	15.1	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47	14.42	14.37	14.34	14.3	14.28	14.25	14.17	14.1	14.08	14.04	14.03	14.04	14.05	14.06	14.07	14.08	14.09
4	12.22	10.65	9.98	9.6	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84	8.79	8.75	8.71	8.68	8.66	8.56	8.5	8.46	8.41	8.36	8.37	8.38	8.39	8.40	8.41	8.42
5	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62	6.57	6.52	6.49	6.46	6.43	6.33	6.27	6.23	6.18	6.12	6.13	6.14	6.15	6.16	6.17	6.18
6	8.81	7.26	6.6	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46	5.41	5.37	5.33	5.30	5.27	5.17	5.11	5.07	5.01	4.96	4.97	4.98	4.99	5.00	5.01	5.02
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76	4.71	4.67	4.63	4.60	4.57	4.47	4.40	4.36	4.31	4.25	4.26	4.27	4.28	4.29	4.30	4.31
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30	4.24	4.20	4.16	4.13	4.10	4.00	3.94	3.89	3.84	3.78	3.79	3.80	3.81	3.82	3.83	3.84
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96	3.91	3.87	3.83	3.80	3.77	3.67	3.60	3.56	3.51	3.45	3.46	3.47	3.48	3.49	3.50	3.51
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72	3.66	3.62	3.58	3.55	3.52	3.42	3.35	3.31	3.26	3.20	3.21	3.22	3.23	3.24	3.25	3.26
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53	3.47	3.43	3.39	3.36	3.33	3.23	3.16	3.12	3.06	3.00	3.01	3.02	3.03	3.04	3.05	3.06
12	6.55	5.1	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37	3.32	3.28	3.24	3.21	3.18	3.07	3.01	2.96	2.91	2.85	2.86	2.87	2.88	2.89	2.90	2.91
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25	3.20	3.15	3.12	3.08	3.05	2.95	2.88	2.84	2.78	2.72	2.73	2.74	2.75	2.76	2.77	2.78
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15	3.09	3.05	3.01	2.98	2.95	2.84	2.78	2.73	2.67	2.61	2.62	2.63	2.64	2.65	2.66	2.67
15	6.20	4.77	4.15	3.8	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06	3.01	2.96	2.92	2.89	2.86	2.76	2.69	2.64	2.58	2.52	2.53	2.54	2.55	2.56	2.57	2.58
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.5	3.34	3.22	3.12	3.05	2.99	2.93	2.89	2.85	2.82	2.79	2.68	2.61	2.57	2.51	2.45	2.46	2.47	2.48	2.49	2.50	2.51
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.92	2.87	2.82	2.79	2.75	2.72	2.62	2.55	2.50	2.44	2.38	2.39	2.40	2.41	2.42	2.43	2.44
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87	2.81	2.77	2.73	2.70	2.67	2.56	2.49	2.44	2.38	2.32	2.33	2.34	2.35	2.36	2.37	2.38
19	5.92	4.51	3.9	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.82	2.77	2.72	2.68	2.65	2.62	2.51	2.44	2.39	2.33	2.27	2.28	2.29	2.30	2.31	2.32	2.33
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77	2.72	2.68	2.64	2.60	2.57	2.46	2.40	2.35	2.29	2.22	2.23	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.8	2.73	2.68	2.64	2.60	2.56	2.53	2.42	2.36	2.31	2.25	2.18	2.19	2.20	2.21	2.22	2.23	2.24
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70	2.65	2.60	2.56	2.53	2.50	2.39	2.32	2.27	2.21	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.67	2.62	2.57	2.53	2.50	2.47	2.36	2.29	2.24	2.18	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17
24	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64	2.59	2.54	2.50	2.47	2.44	2.33	2.26	2.21	2.15	2.08	2.09	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61	2.56	2.51	2.48	2.44	2.41	2.3	2.23	2.18	2.12	2.05	2.06	2.07	2.08	2.09	2.10	2.11
26	5.66	4.27	3.67	3.33	3.1	2.94	2.82	2.73	2.65	2.59	2.54	2.49	2.45	2.42	2.39	2.28	2.21	2.16	2.09	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.09

27	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63	2.57	2.51	2.47	2.43	2.39	2.36	2.25	2.18	2.13	2.07	2.00
28	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.37	2.34	2.23	2.16	2.11	2.05	1.98
29	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59	2.53	2.48	2.43	2.39	2.36	2.32	2.21	2.14	2.09	2.03	1.96
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.2	2.12	2.07	2.01	1.94
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39	2.33	2.29	2.25	2.21	2.18	2.07	1.99	1.94	1.88	1.80
50	5.34	3.97	3.39	3.05	2.83	2.67	2.55	2.46	2.38	2.32	2.26	2.22	2.18	2.14	2.11	1.99	1.92	1.87	1.80	1.72
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27	2.22	2.17	2.13	2.09	2.06	1.94	1.87	1.82	1.74	1.67
70	5.25	3.89	3.31	2.97	2.75	2.59	2.47	2.38	2.30	2.24	2.18	2.14	2.10	2.06	2.03	1.91	1.83	1.78	1.71	1.63
80	5.22	3.86	3.28	2.95	2.73	2.57	2.45	2.35	2.28	2.21	2.16	2.11	2.07	2.03	2.00	1.88	1.81	1.75	1.68	1.60
90	5.20	3.84	3.26	2.93	2.71	2.55	2.43	2.34	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.98	1.86	1.79	1.73	1.66	1.58
100	5.18	3.83	3.25	2.92	2.7	2.54	2.42	2.32	2.24	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.85	1.77	1.71	1.64	1.56
120	5.15	3.80	3.23	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.94	1.82	1.75	1.69	1.61	1.53
500	5.05	3.72	3.14	2.81	2.59	2.43	2.31	2.22	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.74	1.65	1.60	1.52	1.42
***	5.04	3.70	3.13	2.80	2.58	2.42	2.30	2.20	2.13	2.06	2.01	1.96	1.92	1.88	1.85	1.72	1.64	1.58	1.50	1.41

VL-Percentage Points of the F Distribution

$F_{0.01;v1,v2}$

v2	Degree of Freedom for the numerator (v1)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	40	
1	4052	5000	5403	5625	5764	5859	5928	5981	6022	6056	6083	6106	6126	6143	6157	6209	6240	6261	6287	
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.41	99.42	99.42	99.43	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.13	27.05	26.98	26.92	26.87	26.69	26.58	26.5	26.41	
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.45	14.37	14.31	14.25	14.20	14.02	13.91	13.84	13.75	
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.96	9.89	9.82	9.77	9.72	9.55	9.45	9.38	9.29	
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.66	7.60	7.56	7.40	7.30	7.23	7.14	
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.54	6.47	6.41	6.36	6.31	6.16	6.06	5.99	5.91	
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.73	5.67	5.61	5.56	5.52	5.36	5.26	5.2	5.12	
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	5.05	5.01	4.96	4.81	4.71	4.65	4.57	
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.2	5.06	4.94	4.85	4.77	4.71	4.65	4.60	4.56	4.41	4.31	4.25	4.17	
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.46	4.40	4.34	4.29	4.25	4.10	4.01	3.94	3.86	
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.10	4.05	4.01	3.86	3.76	3.70	3.62	
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	4.02	3.96	3.91	3.86	3.82	3.66	3.57	3.51	3.43	
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.75	3.70	3.66	3.51	3.41	3.35	3.27	
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.73	3.67	3.61	3.56	3.52	3.37	3.28	3.21	3.13	
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.62	3.55	3.50	3.45	3.41	3.26	3.16	3.10	3.02	
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.1	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.46	3.40	3.35	3.31	3.16	3.07	3.00	2.92	
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.6	3.51	3.43	3.37	3.32	3.27	3.23	3.08	2.98	2.92	2.84	
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.24	3.19	3.15	3.00	2.91	2.84	2.76	
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.09	2.94	2.84	2.78	2.69	
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.24	3.17	3.12	3.07	3.03	2.88	2.79	2.72	2.64	
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.18	3.12	3.07	3.02	2.98	2.83	2.73	2.67	2.58	
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.14	3.07	3.02	2.97	2.93	2.78	2.69	2.62	2.54	
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.09	3.03	2.98	2.93	2.89	2.74	2.64	2.58	2.49	
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	3.06	2.99	2.94	2.89	2.85	2.70	2.60	2.54	2.45	
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	3.02	2.96	2.90	2.86	2.81	2.66	2.57	2.50	2.42	

27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.99	2.93	2.87	2.82	2.78	2.63	2.54	2.47	2.38
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.96	2.9	2.84	2.79	2.75	2.6	2.51	2.44	2.35
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.93	2.87	2.81	2.77	2.73	2.57	2.48	2.41	2.33
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.91	2.84	2.79	2.74	2.70	2.55	2.45	2.39	2.30
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.73	2.66	2.61	2.56	2.52	2.37	2.27	2.20	2.11
50	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.19	3.02	2.89	2.78	2.70	2.63	2.56	2.51	2.46	2.42	2.27	2.17	2.10	2.01
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.44	2.39	2.35	2.20	2.10	2.03	1.94
70	7.01	4.92	4.07	3.6	3.29	3.07	2.91	2.78	2.67	2.59	2.51	2.45	2.40	2.35	2.31	2.15	2.05	1.98	1.89
80	6.96	4.88	4.04	3.56	3.26	3.04	2.87	2.74	2.64	2.55	2.48	2.42	2.36	2.31	2.27	2.12	2.01	1.94	1.85
90	6.93	4.85	4.01	3.53	3.23	3.01	2.84	2.72	2.61	2.52	2.45	2.39	2.33	2.29	2.24	2.09	1.99	1.92	1.82
100	6.90	4.82	3.98	3.51	3.21	2.99	2.82	2.69	2.59	2.50	2.43	2.37	2.31	2.27	2.22	2.07	1.97	1.89	1.8
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.40	2.34	2.28	2.23	2.19	2.03	1.93	1.86	1.76
500	6.69	4.65	3.82	3.36	3.05	2.84	2.68	2.55	2.44	2.36	2.28	2.22	2.17	2.12	2.07	1.92	1.81	1.74	1.63
1000	6.66	4.63	3.80	3.34	3.04	2.82	2.66	2.53	2.43	2.34	2.27	2.20	2.15	2.10	2.06	1.90	1.79	1.72	1.61

VII Significant Ranges for Duncan's Multiple Range Test
 $r_{\alpha;p:f}$

f	α	p														
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	
1	0,05	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	
	0,01	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
2	0,05	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	
	0,01	14.0	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	
3	0,05	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	
	0,01	8.26	8.50	8.60	8.70	8.80	8.90	8.90	9.00	9.00	9.00	9.10	9.20	9.30	9.30	
4	0,05	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	
	0,01	6.51	6.80	6.90	7.00	7.10	7.10	7.20	7.20	7.30	7.30	7.40	7.40	7.50	7.50	
5	0,05	3.64	3.74	3.79	3.83	3.88	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	
	0,01	5.70	5.96	6.11	6.18	6.26	6.33	6.40	6.44	6.50	6.60	6.60	6.70	6.70	6.80	
6	0,05	3.46	3.58	3.64	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	
	0,01	5.24	5.51	5.65	5.73	5.81	5.88	5.95	6.00	6.00	6.10	6.20	6.20	6.30	6.30	
7	0,05	3.35	3.47	3.54	3.58	3.60	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	
	0,01	4.95	5.22	5.37	5.45	5.53	5.61	5.69	5.73	5.80	5.80	5.90	5.90	6.00	6.00	
8	0,05	3.26	3.39	3.47	3.52	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	
	0,01	4.74	5.00	5.14	5.23	5.32	5.40	5.47	5.51	5.50	5.60	5.70	5.70	5.80	5.80	
9	0,05	3.20	3.34	3.41	3.47	3.50	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	
	0,01	4.60	4.86	4.99	5.08	5.17	5.25	5.32	5.36	5.40	5.50	5.50	5.60	5.70	5.70	
10	0,05	3.15	3.30	3.37	3.43	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.48	
	0,01	4.48	4.73	4.88	4.96	5.06	5.13	5.20	5.24	5.28	5.36	5.42	5.48	5.54	5.55	
11	0,05	3.11	3.27	3.35	3.39	3.43	3.44	3.45	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48	
	0,01	4.39	4.63	4.77	4.86	4.94	5.01	5.06	5.12	5.15	5.24	5.28	5.34	5.38	5.39	

Significant Ranges for Duncan's Multiple Range Test

$r_{\alpha,p,f}$

f	α	p																	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20				
26	0,05	2.91	3.06	3.14	3.21	3.27	3.30	3.34	3.36	3.38	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47				
	0,01	3.93	4.11	4.21	4.30	4.36	4.41	4.46	4.50	4.53	4.58	4.62	4.65	4.67	4.69				
28	0,05	2.90	3.04	3.13	3.20	3.26	3.30	3.33	3.35	3.37	3.40	3.43	3.45	3.46	3.47				
	0,01	3.91	4.08	4.18	4.28	4.34	4.39	4.43	4.47	4.51	4.56	4.60	4.62	4.65	4.67				
30	0,05	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43	3.44	3.46	3.47				
	0,01	3.89	4.06	4.16	4.22	4.32	4.36	4.41	4.45	4.48	4.54	4.58	4.61	4.63	4.65				
40	0,05	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.39	3.42	3.44	3.46	3.47				
	0,01	3.82	3.99	4.10	4.17	4.24	4.30	4.34	4.37	4.41	4.46	4.51	4.54	4.57	4.59				
60	0,05	2.83	2.98	3.08	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.37	3.40	3.43	3.45	3.47				
	0,01	3.76	3.92	4.03	4.12	4.17	4.23	4.27	4.31	4.34	4.39	4.44	4.47	4.50	4.53				
100	0,05	2.80	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36	3.40	3.42	3.45	3.47				
	0,01	3.71	3.86	3.98	4.06	4.11	4.17	4.21	4.25	4.29	4.35	4.38	4.42	4.45	4.48				

VIII. Percentage Points of the Studentized Range Statistic
 $Q_{0.01;p:f}$

f	p																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	90.0	135	164	186	202	216	227	237	246	253	260	266	272	227	282	286	290	294	198	
2	14.0	19.0	22.3	24.7	26.6	28.2	29.5	30.7	31.7	32.6	33.4	34.1	34.8	35.4	36.0	36.5	37.0	37.5	37.9	
3	8.26	10.6	12.2	13.3	14.2	15.0	15.6	16.2	16.7	17.1	17.5	17.9	18.2	18.5	18.8	19.1	19.3	19.5	19.8	
4	6.51	8.12	9.17	9.96	10.6	11.1	11.5	11.9	12.3	12.6	12.8	13.1	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1	14.2	14.4	
5	5.70	6.97	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24	10.48	10.70	10.89	11.08	11.24	11.40	11.55	11.68	11.81	11.9	
6	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10	9.30	9.49	9.65	9.81	9.95	10.08	10.21	10.32	10.43	10.5	
7	4.95	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37	8.55	8.71	8.86	9.00	9.12	9.24	9.35	9.46	9.55	9.65	
8	4.74	5.63	6.20	6.63	6.96	7.24	7.47	7.68	7.87	8.03	8.18	8.31	8.44	8.55	8.66	8.76	8.85	8.94	9.03	
9	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.32	7.49	7.65	7.78	7.91	8.03	8.13	8.23	8.32	8.41	8.49	8.57	
10	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21	7.36	7.48	7.60	7.71	7.81	7.91	7.99	8.07	8.15	8.22	
11	4.39	5.14	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99	7.13	7.25	7.36	7.46	7.56	7.65	7.73	7.81	7.88	7.95	
12	4.32	5.04	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81	6.94	7.06	7.17	7.26	7.36	7.44	7.52	7.59	7.66	7.73	
13	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67	6.79	6.90	7.01	7.10	7.19	7.27	7.34	7.42	7.48	7.55	
14	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54	6.66	6.77	6.87	6.96	7.05	7.12	7.20	7.27	7.33	7.39	
15	4.17	4.83	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44	6.55	6.66	6.76	6.84	6.93	7.00	7.07	7.14	7.20	7.26	
16	4.13	4.78	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35	6.46	6.56	6.66	6.74	6.82	6.90	6.97	7.03	7.09	7.15	
17	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27	6.38	6.48	6.57	6.66	6.73	6.80	6.87	6.94	7.00	7.05	
18	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20	6.31	6.41	6.50	6.58	6.65	6.72	6.79	6.85	6.91	6.96	
19	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14	6.25	6.34	6.43	6.51	6.58	6.65	6.72	6.78	6.84	6.89	
20	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09	6.19	6.29	6.37	6.45	6.52	6.59	6.65	6.71	6.76	6.82	
24	3.96	4.54	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92	6.02	6.11	6.19	6.26	6.33	6.39	6.45	6.51	6.56	6.61	
30	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76	5.85	5.93	6.01	6.08	6.14	6.20	6.26	6.31	6.36	6.41	
40	3.82	4.37	4.70	4.98	5.11	5.27	5.39	5.50	5.60	5.69	5.77	5.84	5.90	5.96	6.02	6.07	6.12	6.17	6.21	
60	3.76	4.28	4.60	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45	5.53	5.60	5.67	5.73	5.79	5.84	5.89	5.93	5.98	6.02	
120	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30	5.39	5.44	5.51	5.56	5.61	5.66	5.71	5.75	5.79	5.83	

Percentage Points of the Studentized Range Statistic

$Q_{0.05;p:f}$

f	p																	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	18.1	26.7	32.8	37.2	40.5	43.1	45.4	47.3	49.1	50.6	51.9	53.2	54.3	55.4	56.3	57.2	58.0	58.8
2	6.09	8.28	9.80	10.89	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.39	14.75	15.08	15.38	16.65	15.91	16.14	16.36	16.57
3	4.50	5.58	6.83	7.51	8.04	8.47	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.16	10.35	10.52	10.69	10.84	10.98	11.12
4	3.93	5.00	5.76	6.31	6.73	7.06	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.67	8.80	8.92	9.03	9.14
5	3.61	4.54	5.18	5.64	5.99	6.28	6.52	6.74	6.93	7.10	7.25	7.39	7.52	7.64	7.75	7.86	7.95	8.04
6	3.46	4.34	4.90	5.31	5.63	5.89	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.04	7.14	7.24	7.34	7.43	7.51
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.35	5.59	5.80	5.99	6.15	6.29	6.42	6.54	6.65	6.75	6.84	6.93	7.01	7.08
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48	6.57	6.65	6.73	6.80
9	3.20	3.95	4.42	4.76	5.02	5.24	5.43	5.60	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28	6.36	6.44	6.51	6.58
10	3.15	3.88	4.33	4.66	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.12	6.20	6.27	6.34	6.41
11	3.11	3.82	4.26	4.58	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98	6.06	6.14	6.20	6.27
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.40	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88	5.95	6.02	6.09	6.15
13	3.06	3.73	4.15	4.46	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79	5.86	5.93	6.00	6.06
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.56	5.64	5.72	5.79	5.86	5.92	5.98
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65	5.72	5.79	5.85	5.91
16	3.00	3.65	4.05	4.34	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59	5.66	5.73	5.79	5.84
17	2.98	3.62	4.02	4.31	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.55	5.61	5.68	5.74	5.79
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.83	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50	5.57	5.63	5.69	5.74
19	2.96	3.59	3.98	4.26	4.47	4.64	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.32	5.39	5.46	5.53	5.59	5.65	5.70
20	2.95	3.58	3.96	4.24	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43	5.50	5.56	5.61	5.66
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32	5.38	5.44	5.50	5.55
30	2.89	3.48	3.84	4.11	4.30	4.46	4.60	4.72	4.83	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21	5.27	5.33	5.38	5.43
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.74	4.82	4.90	4.98	5.05	5.11	5.17	5.22	5.27	5.32
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65	4.73	4.81	4.88	4.94	5.00	5.06	5.11	5.15	5.20
120	2.80	3.36	3.69	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56	4.64	4.71	4.78	4.84	4.90	4.95	5.00	5.04	5.09